

# TUGAS AKHIR (KL 1702)

## PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK UNTUK PERANCANGAN PROTEKSI KATODIK METODE SACRIFICIAL ANODE

(STUDI KASUS PEMASANGAN PIPA GAS BAWAH TANAH  
JALUR SIMOMULYO - BINTORO)



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	8-8-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.1622.

Rske  
005-1  
Wij  
P-1  
2000

Disusun Oleh :

DONY WIJAYA  
NRP. 4394.100.029

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2000



**PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK UNTUK  
PERANCANGAN PROTEKSI KATODIK METODE  
SACRIFICIAL ANODE  
(STUDI KASUS PEMASANGAN PIPA GAS BAWAH TANAH  
JALUR SIMOMULYO - BINTORO)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Jurusan Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Surabaya, Agustus 2000**

**Mengetahui / Menyetujui,**

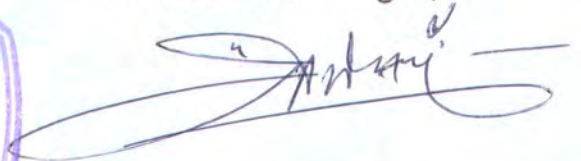
**Dosen Pembimbing I,**



**Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.**  
**NIP. 131 842 502**



**Dosen Pembimbing II,**



**Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.**  
**NIP. 132 048 148**

"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata) : " Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan semua ini dengan sia-sia. Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa api neraka"

(QS. 3 : 190-191)



"Kewajiban-kewajiban hidup lebih banyak dari waktu yang tersedia, maka berilah pertolongan orang lain untuk memanfaatkan waktu. Manakala kamu mempunyai kepentingan, maka segeralah lakukan "  
( Asy-Syahid Hasan Al-Banna )



**ABSTRAK**



## ABSTRAK

*Korosi merupakan proses alam yang dapat terjadi pada setiap logam dan campurannya. Akibat yang ditimbulkan dari korosi ini merupakan hal yang ditakuti karena akan sangat merugikan. Karena itu perlindungan terhadap terjadinya korosi menjadi sangat penting untuk dipelajari. Dalam Tugas Akhir ini dikembangkan sebuah perangkat lunak (Software) yang diberi nama "SA-Cp". SA-Cp adalah sebuah piranti lunak yang dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 4.0. Piranti lunak SA-Cp ini dikembangkan untuk menghitung berat anoda, berapa jumlah yang harus digunakan untuk perlindungan struktur, serta menentukan jarak pemasangan antar anode dan menghitung usia efektif anode yang telah dipasang. Perhitungan perancangan dengan software ini mampu memberikan akurasi perhitungan yang cermat terbukti dengan tidak adanya perbedaan yang tampak jika dibandingkan dengan perhitungan biasa yang lebih memakan waktu.*

"Barang siapa suka bangunan rumahnya (di surga) didirikan dan diangkat derajatnya, hendaklah dia memaafkan orang yang berbuat aniaya terhadap dirinya, memberi kepada orang miskin dan menyambung silaturahmi dengan orang yang memutuskannya" ( HR. Ath-Thabrani )



## KATA PENGANTAR



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, segala puji hanya untuk Allah, Dzat Yang Maha Pencipta dan Penguasa Jagat Raya, Yang Maha Pengasih dan Penyayang pada seluruh manusia, yang telah membimbing, memberi kekuatan lahir, batin & kekuatan fikir, sehingga terkabullah doa dan permohonan hamba-Nya nan lemah dan hina ini, dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

***“Pengembangan Perangkat Lunak untuk Perancangan Proteksi Katodik  
Dengan Metode Sacrificial Anode (Studi Kasus Pemasangan Pipa Gas Bawah  
Tanah Jalur Simomulyo Bintoro ).***

Sholawat dan salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada uswah, suri tauladan dan panutan manusia dan seluruh alam, Nabi Muhammad SAW beserta keluarga sahabat dan para pengikutnya yang selalu istiqomah berjuang dijalanNya.

Tugas Akhir ini dikerjakan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha sekuat tenaga dan pikiran dengan harapan memperoleh hasil yang terbaik, akan tetapi penulis menyadari tentunya Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan yang ada. Untuk itu kritik dan saran guna mencapai kesempurnaan dan kebaikan dari Tugas Akhir ini sangat kami harapkan. Akhirnya semoga karya ini dapat berguna dan bermanfaat

Surabaya, Juli 2000

Dony Wijaya

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini tidak luput dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada pihak-pihak tersebut :

1. Ayah dan Bundaku tercinta, atas segala curahan perhatian dan kasih sayangnya pada penulis sejak lahir hingga saat ini, yang tak mungkin penulis dapat membalas semua kebaikan itu ( *Ya..Allah..ampunilah dosaku, dosa kedua orang tuaku dan sayangilah mereka sebagaimana.. mereka menyayangiku di waktu kecil....Amin.* )
2. Adik-adikku tercinta, Susi, Emil, Farid, yang keberadaannya selalu menyemangati penulis dalam menyelesaikan studi di kampus ini.
3. Dr. Ir. Wahyudi, MSc. dan Ir. Hasan Ikhwan, MSc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan dan arahan.
4. Ir. Arief Suroso, M.Sc. Selaku dosen wali yang telah banyak membantu selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Kelautan.
5. Dr. Ir. Paulus Indiyono selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan ITS
6. Seluruh staf pengajar dan segenap karyawan di Jurusan Teknik Kelautan ITS - Surabaya
7. Perusahaan Gas Negara & Keluarga Ir. Munari, atas segala bimbingan serta fasilitas yang diberikan pada penulis mulai awal hingga akhir penulisan Tugas Akhir ini.



8. Keluarga besar BAMA (Ustadz/ah dan santri) TPA Baitul Muttaqin, Keputih – SBY : Buya Ismail, Mas Tri, Mas Aang, Mas Imam, Pakdhe Bahar, Paklik Asrofi, Mas Pam, Kang Han, Bang Bangun, Mas Luk, Mba'Yuyun, Mba'Anita, Mba' Ndari, Team nasyid Swarabama dll, atas segala bantuan materiil, do'a, support dan berjuta kenangan manis dalam persaudaraan Islam selama ini, hingga membuat penulis begitu merasakan hakekat Ukhuwah yang sebenarnya.
9. Semua Saudaraku Fillah di GARDA 16 doeloe ( A'Heri, A'Rafi', A'Iwan, A'Nuqi' A' Uddin) atas segalanya yang indah dan mengesankan saat bersama dalam satu atap.
10. Mr. Darry ... Abdul Rozaq dan Nanang atas segala bantuannya pada saat-saat penulis dalam” kondisi kritis”
11. Kawan – kawan OE'94, Mbah Mufid, Dian, Sayang, Hamidi, Fitri, Saipul, Hanip, Arab, 2 Bagus, dll, atas kebersamaan, keceriaan dan berbagai nuansa indah yang lain selama menjalani studi di Teknik Kelautan ITS. ( Special 4: Mr. Darry...semoga slalu sukses..)
12. Semua Penghuni Laboratorium Riset dan Operasi, atas suka dukanya selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
13. Semua pihak yang baik langsung atau tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kelautan.

Kupersembahkan Tugas Akhir Ini  
Untuk:

*Ayah Bundaku terkasih :*

Bapak Saekan dan Ibu Widayati Rahayu

*Adik-adikku tersayang :*

Rina Susilowati

Miliansyah Setiawan

Farid Bahagia



"Apa saja yang menimpa orang Islam seperti kepayahan, penderitaan, kekecewaan, duka cita, gangguan dan tekanan batin sampai-sampai duri yang mengenainya melainkan pastilah Allah menghapus dosa-dosa kesalahannya dengan-sebab-sebab hal tersebut " (HR.Bukhari)



## DAFTAR ISI

# DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Halaman Persembahan	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Grafik	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan	I-2
1.4. Manfaat	I-3
1.5. Batasan Masalah	I-3
1.6. Sistematika Penulisan	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka	II-1
2.2. Landasan Teori	II-2
2.2.1. Prinsip Dasar Terjadinya Korosi	II-2
2.2.1.1 Aspek Kimia Listrik	II-3
2.2.1.2 Polarisasi	II-5
2.2.1.3 Pasivitas	II-7
2.2.2. Sel Korosi Pada Jaringan Perpipaan	II- 8
2.2.2.1. Daya Peminndahan metal Oleh Arus Korosi	II- 9
2.2.2.2. Pengaruh Hambatan Aliran Arus Korosi	II-10



2.2.2.3. Lapisan Polarisasi dan Aliran Arus	II-11
2.2.2.4. Pengaruh Depolarisasi	II-12
2.2.3. Perencanaan Proteksi katodik Metode Sacrificial Anode	II-12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	III-1
3.1. Studi Literatur	III-3
3.2. Pengumpulan Data	III-3
3.3. Pembuatan Program	III-5
<b>BAB IV PENGGUNAAN DAN EVALUASI PROGRAM</b>	IV-1
4.1. Tampilan Dan Pembuatan Program	IV-1
4.2. Langkah Perhitungan	IV-5
4.2.1. Data –Data Pipa	IV-5
4.2.2. Tahanan Tanah (Resistivitas tanah)	IV-6
4.2.3. Pemilihan Anoda	IV-6
4.2.4 Perhitungan-Perhitungan	IV-6
4.3. Analisa Dan Pembahasan	IV-9
4.3.1. Data Lapangan	IV-9
4.3.2.1. Data-Data Pipa	IV-9
4.3.2.2. Tahanan Tanah	IV-9
4.3.2. Perhitungan-Perhitungan	IV-9
4.3.3. Running Program	IV-14
4.3.4. Evaluasi Program	IV-15
<b>BAB V PENUTUP</b>	V-1
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
- Out put running program	
- Listing Program	
- Skema Pemasangan Anoda	

## DAFTAR GAMBAR

No	Nama Gambar	Halaman
2.1	Korosi pada besi di udara bebas	II - 3
2.2	Proses korosi akibat kimia listrik	II - 4
2.3	Aktivasi polarisasi	II - 6
2.4	Konsentrasi polarisasi	II - 6
2.5	Kurva pasivitas yang biasa terjadi	II - 7
2.6	Perbedaan kondisi tanah penyebab korosi	II - 9
2.7	Bentuk aliran arus karena metal yang berbeda	II - 11
4.1	Tampilan gambar saat loading	IV - 2
4.2	Tampilan menu awal software SA - Cp	IV - 2
4.3	Tampilan input data awal software SA-Cp	IV - 3
4.4	Tampilan hasil perhitungan	IV- 4
4.5	Tampilan hasil print out program	IV - 5

## DAFTAR TABEL

No	Nama Tabel	Halaman
3.1	Dimensi pipa menurut American Society of Mechanical Engineers (ASME )	III - 4
3.2	Karakteristik tanah dan resistivitasnya menurut National of Bereou Standards	III - 5



"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah mengetahui semua apa yang kamu kerjakan (Q.S. 58 : 11)

## BAB I



## PENDAHULUAN



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG.**

Pengendalian korosi pada suatu permukaan luar sistem perpipaan bawah tanah merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan dalam sebuah proyek pemasangan instalasi pipa. Salah satu cara untuk mengurangi laju korosi dari suatu logam yang tercelup atau tertanam dalam suatu medium elektrolit adalah dengan menerapkan proteksi katodik. Proteksi katodik ini dapat dilakukan dengan membuat potensial logam yang dilindungi menjadi lebih elektronegatif terhadap elektrolit disekitarnya. Untuk menjadikan potensial logam menjadi lebih elektronegatif, cara yang dapat ditempuh adalah dengan memberikan sumber arus searah (DC) dari luar. Salah satu pemakaian sumber arus dari luar yang nantinya dapat mengurangi laju korosi adalah dengan sistem sacrificial anode (anode korban), dimana dengan menggunakan sistem ini arus perlindungan diperoleh dari beda potensial antara struktur logam yang dilindungi (bersifat katoda) dengan logam yang dikorbankan (bersifat anoda), sehingga anoda yang dipilih harus mempunyai potensial yang lebih negatif dari pada logam yang dilindungi. Proteksi katodik dengan sistim anoda korban akan sangat cocok digunakan untuk pemasangan pipa distribusi (yang biasanya tidak terlalu panjang dan tekanan tidak terlalu besar), karena proteksi yang dilakukan akan lebih cermat dan sangat tergantung dengan jenis dan karakter elektrolit dimana pipa itu berada. Inilah



yang menjadi alasan dipakainya sistim sacrificial anode untuk perlindungan pipa gas jalur Simomulyo – Bintoro.

## 1.2. PERUMUSAN MASALAH

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, permasalahan yang akan di bahas adalah cara kerja dan cara menerapkan proteksi katodik dengan metode anoda korban pada pipa gas yang berada/ tertanam di bawah tanah dengan berbagai macam kondisi dan keadaan lingkungan yang mempengaruhinya berupa:

1. Bagaimana mendapatkan berat anoda untuk melindungi struktur pipa tersebut.
2. Berapa jumlah anoda yang diperlukan dan jarak pemasangan antar anode (spacing) untuk mendapatkan perlindungan yang baik berdasarkan umur perlindungan yang telah direncanakan.
3. Berapa usia efektif dari anoda yang telah dipasang pada struktur.

## 1.3 TUJUAN

Tujuan utama yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah pembuatan program untuk perencanaan proteksi katodik metode sacrificial anode, antara lain :

1. Menghitung berat anoda untuk perlindungan struktur.
2. Merencanakan jumlah anoda yang diperlukan untuk perlindungan struktur dan menentukan jarak pemasangan antar anoda.
3. Merencanakan usia efektif anoda yang telah dipasang.

#### **1.4. MANFAAT**

Hasil dari studi perencanaan pengendalian korosi dengan metode ini diharapkan dapat menjadikan bahan masukan dan literatur pelaksanaan dilapangan bagi Perusahaan Gas Negara dan diharapkan dapat dipakai sebagai referensi untuk pekerjaan serupa di tempat lainnya.

#### **1.5. BATASAN MASALAH**

Batasan - batasan yang perlu diperhatikan dalam penulisan ini adalah :

1. Jenis pipa gas alam yang digunakan sesuai standart API 5L Grade B
2. Hanya untuk pipa dengan ukuran diameter luar maksimum 20 inch dan ketebalan 0.5 inch.
3. Tidak membahas masalah biaya perbaikan kerusakan pada pipa.
4. Tidak membahas masalah dan perawatan pipa akibat adanya kerusakan.
5. Data-data yang dipakai adalah data-data sekunder.

#### **1.6. SISTEMATIKA PENULISAN**

Untuk memudahkan dalam memahami Tugas Akhir ini, maka disusunlah sistematika dari Tugas Akhir sebagai berikut :

Bab I : **PENDAHULUAN**

Diuraikan dalam sub-bab : Latar Belakang , Perumusan Masalah, Tujuan, Manfaat, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan



**Bab II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Diuraikan dalam sub-bab : Tinjauan pustaka, Prinsip Dasar Terjadinya Korosi, Sel Korosi Pada Jaringan Pipa, erencanaan Proteksi Katodik Metode Sacrificial Anode.

**Bab III : METODOLOGI PENELITIAN**

Diuraikan dalam sub-bab : Studi Literatur, Pengumpulan Data, Pembuatan Program.

**Bab IV : PENGGUNAAN DAN EVAUASI PROGRAM**

Diuraikan dalam sub-bab: Tampilan Dan Pengoperasian Program, Langkah Perhitungan, Analisa Hasil Perhitungan.

**Bab V : PENUTUP**

Diuraikan dalam sub-bab: Kesimpulan dan Saran

**DAFTAR ISI****LAMPIRAN**

A. Out put program

B. Listing Program.

C. Gambar Rencana Pemasangan Pipa Baja Perusahaan Gas

Negara Jalur Simomulyo - Bintoro

## BAB II

"Hai orang-orang yang beriman, sukakah kamu Aku tunjukkan suatu perniagaan yang dapat menyelamatkanmu dari azab yang pedih ? (yaitu) kamu beriman kepada Allah dan RosulNya dan berjihad di jalan Allah dengan harta dan jiwamu. Itulah yang lebih baik bagi kamu jika kamu mengetahui" (QS. 61: 10-11 )



## TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. TINJAUAN PUSTAKA**

Korosi adalah gejala kerusakan (destruktif) dari suatu material atau logam karena adanya reaksi kimia dengan lingkungannya (Fontana,1987). Korosi adalah gejala destruktif yang hampir mempengaruhi semua logam (Trethway & Chamberlian,1988). Menghilangkan korosi secara total kenyataannya tidak bisa, yang bisa dilakukan adalah pengontrolan. Berbagai-bagai logam dasar dan gabungan beberapa logam yang digunakan saat ini, masing –masing mempunyai reaksi yang berbeda tergantung pada lingkungan dan proses dimana logam itu digunakan. Dengan alasan inilah program pengontrolan korosi harus disesuaikan dengan keadaan masing-masing lingkungan (Nizhamu,Latif 1990).

Salah satu cara pengendalian korosi yang penting dan telah digunakan secara luas adalah proteksi katodik. Proteksi katodik adalah metode mengurangi laju korosi dari suatu logam yang tercelup atau tertanam dalam suatu medium elektrolit dengan membuat potensial logam yang dilindungi menjadi lebih elektronegatif terhadap elektrolit disekitarnya.

Ditinjau dari sumber luar yang dipakai untuk penyediaan arus dibagi menjadi dua yaitu (Morgan,1987) :

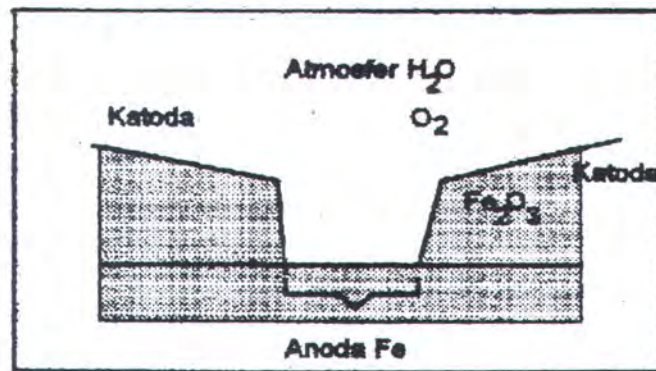
- 1). Sistem Sacrificial Anode, adalah sistim proteksi yang memakai arus perlindungan dari beda potensial antara struktur logam yang dilindungi (bersifat katoda) dengan logam yang dikorbankan (bersifat anoda).
- 2) Sistim Impressed Current, adalah sisitim proteksi yang memakai arus perlindungan yang berasal dari sumber listrik luar.

Proteksi katodik harus menghasilkan optimum current output dengan penyebaran yang baik keseluruh struktur yang diproteksi dari korosi akibat pengaruh kondisi lingkungan. Teknis perencanaan dalam perhitungan untuk mendapatkan arus yang optimal harus mempertimbangkan aspek lingkungan berupa *minimum protektif current, density, water resistivity* dan pemilihan jenis anoda yang digunakan (Adji, 1991).

## 2.2. LANDASAN TEORI

### 2.2.1. PRINSIP DASAR TERJADINYA KOROSI

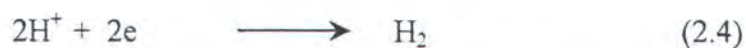
Ditinjau dari segi mekanisme terjadinya korosi, sebagian besar proses korosi berlangsung menurut mekanisme elektrokimia. Berdasarkan teori elektrokimia, korosi terjadi karena adanya lingkungan basah (mengandung air) dan adanya oksigen. Sebagai contoh, bila pelat telanjang berada dilingkungan atmosfer, setelah beberapa waktu lamanya permukaan pelat tersebut akan diseliputi oleh lapisan oksida tipis yang tersebar tidak merata. Dengan adanya lapisan oksida tipis tersebut, terjadilah perbedaan potensial antara sisitem pelat dengan oksidanya, sehingga timbullah suatu sel korosi sebagaimana terlihat seperti pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Korosi pada besi diudara bebas (Mars, 1987 )

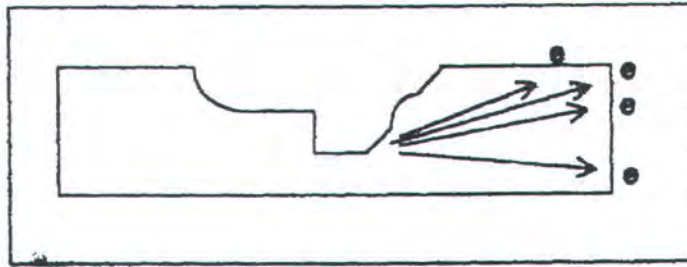
#### 2.2.1.1. Aspek Kimia Listrik.

Salah satu penyebab terjadinya korosi yaitu timbulnya reaksi redoks (reduksi-oksidasi) antara unsur dengan kondisi media yang mendukung. Di bawah ini adalah salah satu contoh reaksi redoks sebagai penyebab korosi :



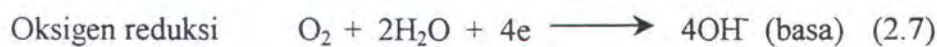
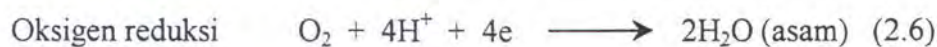
Dari persamaan reaksi diatas maka jelaslah bahwa logam akan mengalami pelepasan elektron karena media korosif sehingga dihasilkan ion logam. Besarnya elektron yang dilepaskan akan sangat tergantung terhadap valensi logam dan secara langsung akan berpengaruh terhadap kecepatan korosi. Sedangkan penggambaran proses terjadinya korosi akibat kimia listrik secara sederhana dapat dilihat seperti gambar 2.2 dibawah ini





Gambar 2.2 Proses korosi akibat kimia listrik (Mars,1987)

Dalam reaksi logam ada beberapa reaksi katodik yang sering terjadi yaitu :



Evolusi hidrogen adalah reaksi katodik yang sering terjadi jika larutan asam merupakan media korosif. Oksigen reduksi sangat umum terjadi jika larutan air pada udara terbuka merupakan media timbulnya korosi. Sedangkan ionisasi deposisi logam akan hanya terjadi pada proses kimia. Namun demikian pada dasarnya semua reaksi ini adalah sama yakni memerlukan dan melepaskan elektron. Di bawah ini merupakan mekanisme reaksi korosi yang terjadi pada besi.



Persamaan reaksi (2.10) diatas yaitu dengan terbentuknya besi fero karena besi berada dalam lingkungan air. Persamaan reaksi (2.11) hidrogen bebas yang diharap bereaksi dengan oksigen yang terlarut untuk membentuk hidrogen peroksida. Persamaan reaksi (2.12) hidrogen peroksida bereaksi dengan hidroksida besi fero dan menghasilkan hidroksida besi feri yang dikenal dengan karat. Persamaan reaksi (2.13) merupakan reaksi oksida logam besi menjadi hidroksida besi fero.

Pada prinsipnya kejadian diatas dapat disimpulkan bahwa jika besi mengalami korosi, maka akan berlanjut sampai besi hilang semuanya, atau dengan kata lain bahwa reaksi korosi yang terjadi pada baja, tanpa perlindungan korosi yang bagus akan berlangsung secara terus menerus tanpa ada hentinya.

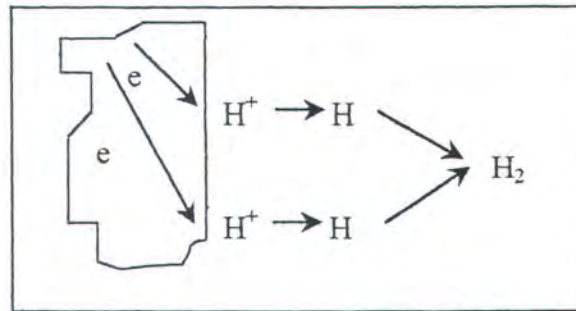
#### 2.2.1.2. Polarisasi

Polarisasi adalah salah satu bentuk reaksi korosi yang merupakan penyebab timbulnya karat pada kerusakan logam. Dalam suatu larutan proses polarisasi akan terjadi dan hal ini merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kecepatan korosi. Secara definitif polarisasi itu merupakan proses pengutuban ion hidrogen secara kimia listrik sehingga terbentuk gas hidrogen dengan bantuan pengikatan elektron yang dihasilkan dari proses degradasi logam.

Jenis dari polarisasi ada 2 (dua) macam yaitu aktivasi polarisasi dan konsentrasi polarisasi. Perbedaan polarisasi ini adalah pengontrol reaksinya. Aktivasi polarisasi dapat berlangsung dengan kontrol urutan reaksi pembentuk gas hidrogen, pada logam dengan urutan elektrolit yang bersentuhan.



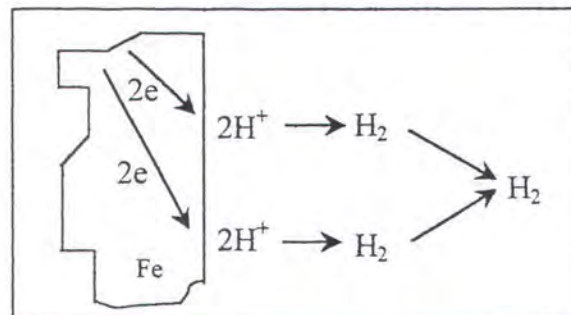
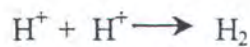
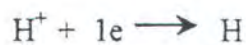
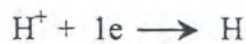
Sedangkan konsentrasi polarisasi terjadi akibat adanya konsentrasi ion hidroksil yang pekat sehingga pengontrolnya adalah konsentrasi ion  $H^+$ . Dari kedua polarisasi ini akan jelas terlihat pada sket gambar jenis polarisasi dibawah ini.



Gambar 2.3 Aktivasi polarisasi (Mars, 1987)

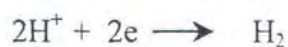
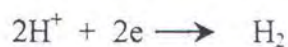
Gambar diatas secara reaksi kimia dapat dituliskan sebagai berikut :

- Untuk aktivasi polarisasi :



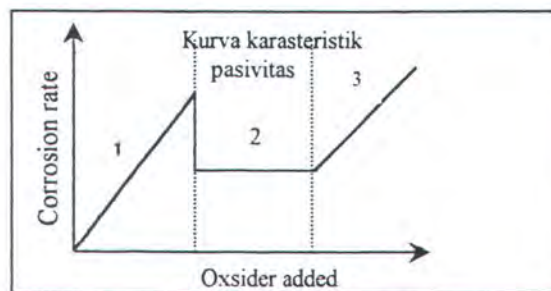
Gambar 2.4 Konsentrasi polarisasi (Mars, 1987)

- Untuk konsentrasi polarisasi :



### 2.2.1.3. Pasivitas

Pasivitas adalah proses pengurangan daya reaktivitas suatu elemen korosi. Dengan proses pasivitas ini seolah-olah logam dikatakan mendekati mulia seperti platinum dan argentum. Namun demikian dengan keterbatasan ilmu logam, unsur kandungan logam masih sulit untuk membuat pasivitas secara sempurna, hal ini dikarenakan adanya unsur penghambat pasivitas pada logam paduan. Unsur penghambat pasivitas ini diantaranya seperti uranium, zinc, silikon, aluminium, magnesium dan lainnya. Proses pasivitas ini dapat dilihat secara jelas pada Gambar 2.5 dibawah :



**Gambar 2.5 Kurva pasivitas yang biasa terjadi (Keneth,R.1988)**

Kondisi yang dimaksud dalam kurva dengan ditunjukan angka 1,2,3 adalah kondisi karakteristik logam terhadap lingkungannya. Untuk lebih jelasnya tentang pasivitas dapat dijelaskan seperti berikut.

Sebuah logam yang diletakkan pada media oksidator ditambah secara periodik dan terus menerus, maka akan menghasilkan kecepatan korosi yang bertambah juga. Akan tetapi bila ditambah lagi jumlah oksidatornya, setelah mencapai konsentrasi tertentu kecepatan korosi akan turun secara drastis. Selanjutnya dengan penambahan oksidator yang tidak dihentikan akan berakibat stabil pada



kecepatan korosi tertentu. Keadaan inilah yang dalam keterangan diatas disebut kondisi pasif. Untuk penambahan yang diteruskan maka kondisi pasivitas akan hilang dan timbul kenaikan kecepatan korosi lagi, sebagaimana terlihat pada gambar diatas.

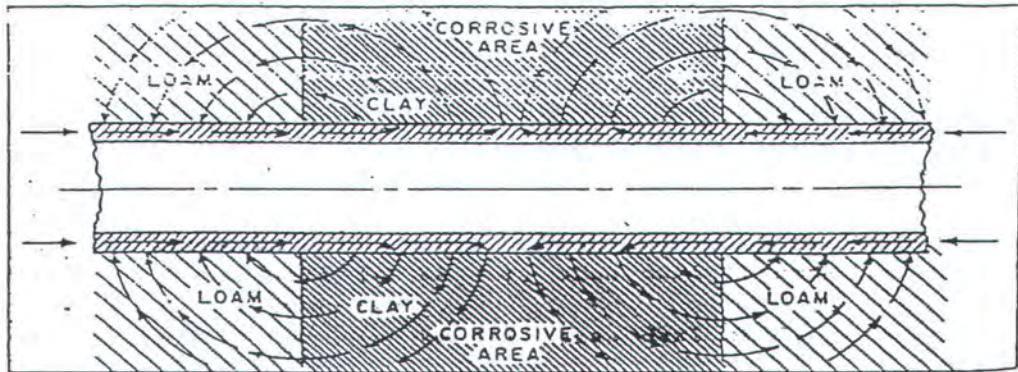
### **2.2.2. SEL KOROSI PADA JARINGAN PERPIPAAN**

Proses korosi yang terjadi pada jaringan pipa didalam tanah merupakan proses elektrokimia.

Beberapa kondisi tertentu yang harus dipahami sebelum sel korosi itu terjadi, yaitu

1. Harus ada anoda dan kathoda
2. Adanya beda potensial kelistrikan antara anoda dan kathoda. Potensial ini dapat dihasilkan dari suatu variasi kondisi – kondisi didalam jaringan perpipaan, baik kondisi pipanya sendiri, maupun elektrolitnya ( tanah dn air disekitar jaringan pipa )
3. Adanya suatu bagian metal yang secara kelistrikan berhibungan antara anoda dan kathoda, ini terjadi pada jaringan pipa itu sendiri.
4. Anoda dan kathoda tercelup didalam suatu elektrolit yang secara kelistrikan konduktive terionisasi, artinya bahwa beberapa molekul air ( $H_2O$ ) berubah menjadi muatan + Ion Hidrogen ( $H^+$ ) dan muatan - ion ( $OH^-$ ). Air yang ada dalam tanah dan kotoran – kotoran lainnya disekitar jaringan perpipaan adalah merupakan elektrolit.

5. Perbedaan kondisi antara tanah yang satu dengan lainnya merupakan beda potensial karena elektrolit yang berbeda, ini berarti banyak sel terdapat didalam sistim tersebut. Sebagaimana terlihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Perbedaan kondisi tanah penyebab korosi (PPT. Migas,...)

#### 2.2.2.1. Daya Pemindahan Metal Oleh Arus Korosi.

Proses terjadinya korosi akan berkurang dengan meningkatnya tahanan listrik yang mengalir melalui bagian dari rangkaian tersebut. Proses tersebut akan berhenti secara total apabila hubungan rangkaian tersebut putus. Jumlah metal yang diupindahkan adalah sebanding langsung dengan jumlah aliran arus. Satu ampere arus searah dialirkan melalui suatu elektrolit tanah biasa dapat memindahkan kurang lebih 20 lb baja dalam satu tahun, atau 1.666 lb baja dalam satu bulan atau 0.002314 lb baja dalam satu jam.

Sebagian besar permasalahan arus korosi dijumpai dan diukur, tercatat dalam perseribuan ampere (mA). (PPT Migas, ...)



#### **2.2.2.2. Pengaruh Hambatan Aliran Arus Korosi**

Didalam berbagai masalah proses korosi, sering dijumpai adanya suatu anoda tunggal dan katoda tunggal memiliki beda potensial beberapa ratus millivolt, jumlah aliran arus diukur oleh adanya tahanan efektif dalam rangkaian anoda-katoda.

Hal seperti itu dapat dipertimbangkan sebagai berikut :

- Tahanan listrik dari material dalam rangkaian tersebut dipengaruhi oleh lapisan polarisasi (hidrogen) pada permukaan katoda.
- Tahanan efektif makin rendah maka aliran arus listrik makin besar (berdasarkan hukum ohm) dan lebih besar metal yang hilang, berarti proses korosi lebih cepat.

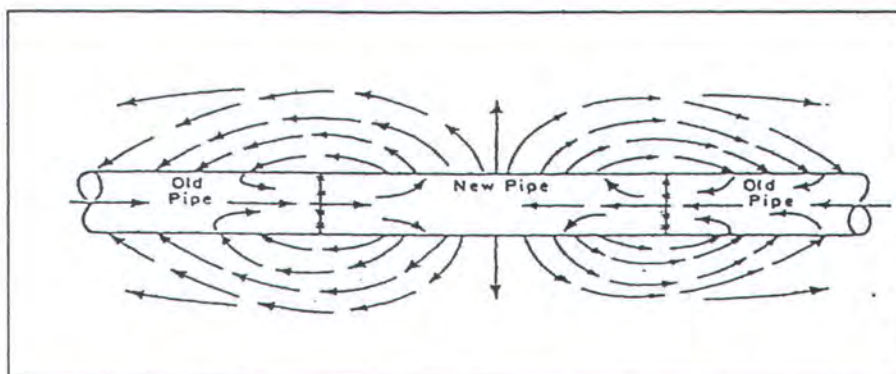
Tahanan listrik dalam rangkaian anoda-katoda adalah termasuk tahanan dalam dari metal antara anoda dan katoda, tahanan/hambatan dari yang melalui elektrolit (tanah dan atau air) antara anoda dan katoda, serta tahanan casing (pelindung) atau film/lapisan produk-produk korosi pada permukaan metal. Pada jaringan perpipaan tahanan rangkaian metal biasanya dapat menjadi sangat rendah karena kadang-kadang hanya melalui suatu bagian yang relatif hubungan singkat dari jaringan pipa itu sendiri. Tahanan dari bagian yang dilewati elektrolit adalah suatu fungsi dari resistivity tanah dan atau air. Tahanan dalam suatu elektrolit bisa bervariasi, sehingga perbandingan resistivity tanah tertinggi dan terendah mungkin saja terjadi. Resistivity elektrolit erat hubungannya dengan luas anoda dan katoda, lebih kecil ukuran luas anoda dan katoda, tahanan kontak makin tinggi antara keduanya dalam elektrolit. Sebagai contoh, suatu pelindung dengan



kualitas yang baik dapat memperoleh tahanan yang sangat tinggi dalam rangkaian tersebut, sebaliknya apabila pelindung (coating) dengan kualitas yang jelek, maka tahanan yang diperoleh cukup rendah, sehingga memungkinkan proses korosi berlangsung.

Proses korosi karena pengaruh waktu, keberadaan tahanan, biasanya menjadi suatu faktor yang kurang menentukan dalam proses korosi pada pipa baja, kecuali kalau seluruh tahanan listrik sangat rendah. Lapisan produk korosi atau oksida pada metal biasanya mempunyai kemungkinan tahanan menjadi lebih tinggi dari pada yang biasa dijumpai pada baja.

Hal tersebut juga dijumpai pada penggantian pipa sebagian jaringan pipa lama dengan pipa baru, sehingga pipa baru menjadi lebih anodik dan mudah terkorosi sebagaimana terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini



Gambar 2.7 Bentuk aliran arus karena metal yang berbeda (PPT.Migas,...)

### 2.2.2.3. Lapisan Polarisasi dan Aliran Arus.

Film polarisasi merupakan faktor yang sangat penting didalam pengendalian jumlah aliran arus. Dalam suatu pengertian , film hidrogen



terbentuk pada permukaan katoda, menjadi suatu lapisan isolasi yang mempunyai nilai tahanan listrik dalam rangkaian tersebut sehingga mengurangi aliran arus korosi. Pada kondisi ideal, kemungkinan bahwa tegangan polarisasi sama persis dengan harga tegangan korosi sel artinya bahwa keberadaan tegangan bersih (nol) mengalirkan arus yang mungkin suatu fraksi yang sangat kecil dari tegangan cell asli sebelum polarisasi dimulai.

#### **2.2.2.4. Pengaruh Depolarisasi**

Lapisan film polarisasi dapat mengurangi aliran arus korosi sel sampai sejumlah arus yang tidak berarti sehingga dapat diabaikan. Kaitan tersebut biasanya berpengaruh terhadap depolarizing ( penyeragaman/penyearahan) yang cenderung memindahkan lapisan polarisasi hidrogen. Hal ini dapat terjadi suatu pengaruh secara mekanik, seperti aksi menggosok/at pada permukaan pipa dalam aliran "air stream line/laminair" atau suatu pasokan larutan oksigen dalam elektrolit, seperti keberadaan suatu permukaan jaringan pipa dalam tanah yang bermata air dan mengandung udara.

#### **2.2.3 PERENCANAAN PROTEKSI KATODIK METODE SACRIFICIAL ANODE**

Metode sacrificial anode dilaksanakan dengan memasang logam yang sangat aktif (potensialnya jauh lebih negatif dari logam yang dilindungi) pada logam yang diproteksi dengan konduktor terisolasi. Logam –logam aktif yang

biasa digunakan untuk memproteksi baja adalah paduan Mg, Al dan Zn yang akan terkorosi. Sistem proteksi katodik umumnya digunakan bersama-sama dengan sistem pelapisan (coating). Sistem pelapisan yang sering digunakan adalah membalutkan isolasi yang tahan terhadap situasi lingkungan. (PPT Migas, Cepu)

Saluran pipa yang baja yang dikubur didalam tanah telah berhasil dilindungi dengan metode sacrificial anode. Dalam hal ini anoda-anoda dikubur pada selang waktu tertentu disepanjang jalur pipa, dan pada jarak yang tetap dari pipa. Metode ini bergantung pada adanya lintasan konduktif melalui tanah dari anoda ke pipa. Apabila anode terhubung dengan kabel atau kawat ke pipa, anoda akan melarut, dan suatu fluks arus akan terbentuk dan mempolarisasikan pipa. Pentingnya peletakan anoda secara tepat juga sangat perlu diperhatikan karena jika jarak terlalu renggang, polarisasi titik-titik terjauh dari anoda tidak akan cukup untuk memberikan perlindungan. (Thretheway, Kenneth R. 1988)

Perencanaan pendesainan proteksi katodik metode sacrificial anode akan melalui beberapa perhitungan – perhitungan diantaranya :

a). *Luas permukaan keseluruhan dari struktur pipa yang dilindungi.*

Perhitungan luas permukaan pipa (A) dihitung dengan rumus :

$$A = \pi \times \text{diameter luar} \times \text{panjang pipa} \dots \dots (1)$$

b). *Kerusakan pembalut*

Perhitungan kerusakan pembalut dilakukan dengan terlebih dahulu merencanakan umur desain yang diinginkan dan prosentase kerusakan pembalut / efisiensi coating (  $E_c$  ) dari pipa yang ada (PPT Migas).



Sehingga pembalut yang rusak dapat dihitung :

$$A1 = Ec \times \text{Luas permukaan} \dots \dots \dots (2)$$

c). *Kebutuhan arus proteksi*

Perhitungan arus proteksi dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan input arus untuk melindungi pembalut pipa yang rusak (Id). Sehingga kebutuhan arus proteksi (I) dapat diketahui,

$$I = Id \times A1 \dots \dots \dots (3)$$

d). *Berat minimum anoda*

Didapat dari perhitungan rumus berikut.(PPT, Migas)

$$W = \frac{YSI}{E} \dots \dots (4), \text{ dimana : } Y = \text{Umur proteksi}$$

S = Laju kerusakan dengan efisiensi

E = Efisiensi

e). *Tahanan yang keluar dari tiap anoda.*

Perhitungan tahanan yang keluar dari tiap anoda dihitung dengan rumus Dwight formula (PPT Migas) :

$$Rh = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left( \ln \frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{d \times S} + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right) \dots \dots (5)$$

Dimana : Rh = Tahanan dari tiap anoda

$\rho$  = Tahanan tanah

L = Panjang dari anoda

S = dua kali kedalaman pemasangan anoda

d = Diameter anoda

## f). Jumlah arus keluar dari tiap anoda.

Perhitungan jumlah arus yang keluar dari tiap anoda dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung perbedaan potensial (driving voltage) yaitu selisih antara potensial anoda dengan minimum potensial proteksi. Sehingga arus keluar dapat di hitung dengan membandingkan harga beda potensial tersebut dengan tahanan tiap anoda.

## g). Jumlah anoda yang dibutuhkan.

Perhitungan jumlah anoda yang dibutuhkan didapat dengan menghitung perbandingan antara kebutuhan arus proteksi dengan jumlah arus yang keluar dari tiap anoda.

## h). Umur tiap anoda

Perhitungan umur tiap anoda (U) didapatkan dari rumus berikut.

$$U = \frac{0,1667 \times Wa \times \eta \times Uf}{I1} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :    Wa    = Berat anoda

$\eta$     = Efisiensi

              Uf    = Utilization factor

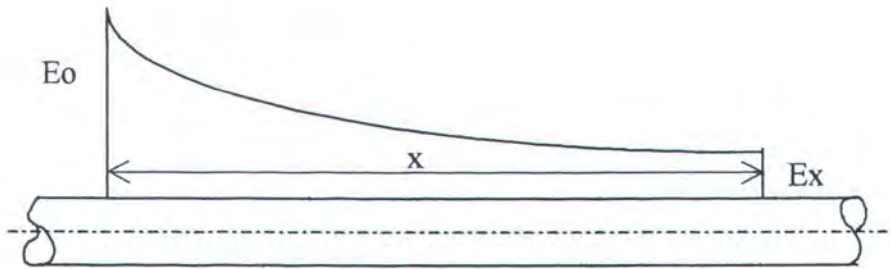
              I1    = Arus keluar dari tiap anoda

## i). Jumlah anoda untuk x tahun

Perhitungan jumlah anoda yang dibutuhkan untuk x tahun didapat dengan mengalikan jumlah anoda dengan perbandingan lamanya waktu desain yang diinginkan dengan umur tiap anoda.



## j) Rentang perlindungan



$$E_x = E_o \exp(-x \cdot \sqrt{R \cdot G}) \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

$E_o$  = Potensial pipa di anoda

$E_x$  = Potensial yang diinginkan pada jarak  $x$  km

$R$  = Tahanan pipa

$$= \frac{0.135}{\pi \cdot D \cdot t} \quad (\text{ohm/km})$$

$G$  = Konduktivitas pipa lindung

$$= 1000 \times \pi \times D \times g \quad (\text{mho/km})$$

$t$  = Tebal dinding pipa (mm)

$D$  = Diameter pipa (m)

$g$  = Konduktivitas lapis lindung ( $\text{mho/m}^2$ )

### BAB III

"Sesungguhnya pada pertukaran malam dan siang itu dan pada apa yang diciptakan Allah di langit dan di bumi, benar-benar terdapat tanda tanda (kekuasaanNya) bagi orang-orang yang bertaqwa" (QS.10 : 6)



## METODOLOGI PENELITIAN



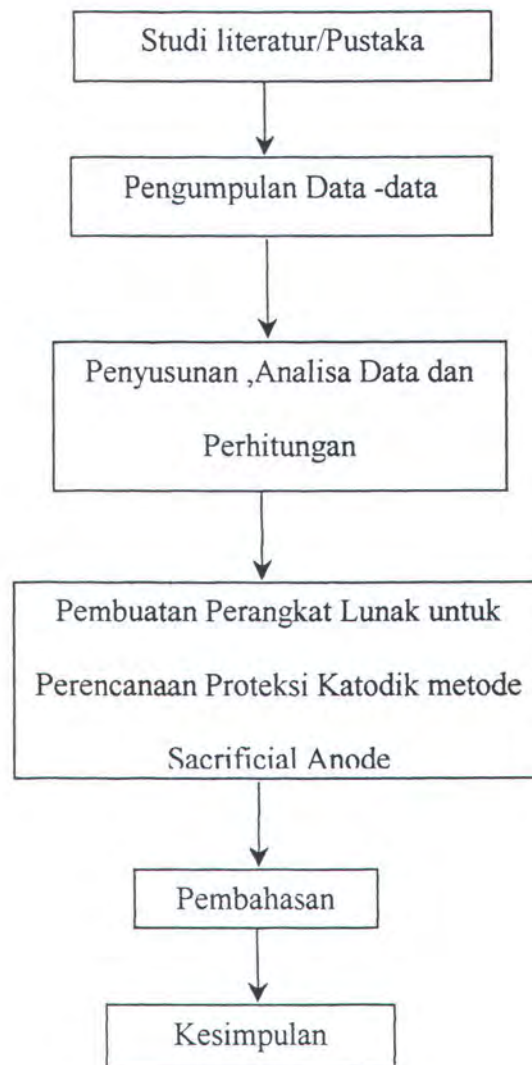
### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang mempunyai validitas, dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan metode atau langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang terstruktur. Selain itu didukung pula dengan pengetahuan yang kita kuasai tentang hal-hal yang bersangkutan dengan apa yang kita teliti tersebut. Garis besar dari penyusunan tugas akhir tentang Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Perancangan Proteksi Katodik Dengan Metode Sacrificial Anode ini adalah sebagai berikut

1. Studi literatur, mengambil bahan acuan teori dari berbagai buku-buku, jurnal dan literatur yang ada yang berkaitan dengan perlindungan korosi pada pipa dengan sistem proteksi katodik metode sacrificial anode.
2. Penyiapan dan pengumpulan data-data base yang dibutuhkan meliputi data dimensi pipa berdasarkan standart API 5L, data karakteristik jenis tanah dan resistivitasnya, dan data base anoda yang ada dipasaran.
3. Melakukan penyusunan database berdasarkan urutan pengerjaan yang akan dilakukan.
4. Membuat perangkat lunak yang berbasis database dengan menggunakan Borland Delphi 4.0.
5. Mencoba menjalankan program dan meneliti apakah program cukup layak dipakai dalam perencanaan perancangan proteksi katodik dengan metode sacrificial anode.

Langkah – langkah yang dilakukan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penulisan



### **3.1. STUDI LITERATUR**

Pencapaian tujuan yang diinginkan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah pembuatan sebuah program / perangkat lunak /software yang akan mempermudah dalam proses pendesainan perencanaan proteksi katodik metode sacrificial anode, karena itu disamping literatur-literatur yang berkaitan dengan teknis perencanaan diperlukan pula literatur tentang bahasa pemrograman yang akan dipakai. Dalam hal ini penulis menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 4.0.

Studi literatur ini juga berguna dalam rangka memperjelas dan mempertajam pemikiran dasar teori yang digunakan serta langkah-langkah yang dilakukan dalam pendesainan perencanaan proteksi katodik metode sacrificial anode terutama untuk pipa bawah tanah.

### **3.2. PENGUMPULAN DATA**

Data yang digunakan pada pembuatan software perancangan proteksi katodik dengan metode sacrificial anode meliputi data spesifikasi yang berupa pipa dengan standart API 5L, data jenis anoda yang tersedia dipasaran, data tahanan listrik tanah berdasarkan karakteristik dan jenis tanahnya.

Dari database dimensi pipa satandard API 5L kita akan mendapatkan beberapa ukuran pada pipa diantaranya adalah Ukuran pipa nominal, diameter luar pipa, dan ketebalan pipa, yang dalam hal ini penulis mengambil referensi dari American Society Of Mechanical Engineers. Untuk data base tahanan listrik tanah (resistivity ) berdasarkan tipe tanah yang ada , penulis mengambil referensi dari data yang sudah ada menurut National Bureau of Standards.

**Tabel 3.1.**  
**Dimensi Pipa baja menurut American Society Of Mechanical Engineers**  
**( ASME ).**

Customary Units				SI Units			
NPS Note 1	Outside Diameter in.	Wall Thicknes in.	Plain End Weight lb/ft	DN Note 2	Outside Diameter in.	Wall Thicknes in.	Plain End Weight lb/ft
1/8	0.405	0.095	0.31	....	10.3	2.41	0.47
1/4	0.540	0.119	0.54	...	13.7	3.02	0.80
3/8	0.675	0.126	0.74	10	17.1	3.20	1.10
1/2	0.840	0.147	1.09	15	21.3	3.73	1.62
1/2	0.840	0.294	1.71	15	21.3	7.47	2.55
3/4	1.050	0.154	1.47	20	26.7	3.91	2.20
3/4	1.050	0.308	2.44	20	26.7	7.82	3.64
1	1.315	0.179	2.17	25	33.4	4.55	3.24
1	1.315	0.358	3.66	25	33.4	9.09	5.45
1 1/4	1.660	0.191	3.00	32	42.2	4.85	4.85
1 1/4	1.660	0.382	5.21	32	42.2	9.70	7.77
1 1/2	1.900	0.200	3.63	40	48.3	5.08	5.41
1 1/2	1.900	0.400	6.41	40	48.3	10.15	9.56
2	2.375	0.218	5.02	50	50.3	5.54	7.48
2	2.375	0.436	9.03	50	60.3	11.07	13.44
2 1/2	2.875	0.275	7.66	65	73.0	7.01	11.41
2 1/2	2.875	0.552	13.69	65	73.0	14.02	20.39
3	3.500	0.300	10.25	80	88.9	7.62	15.27
3	3.500	0.600	18.58	80	88.9	15.24	27.68
3 1/2	4.000	0.318	12.50	....	101.5	8.08	18.63
4	4.500	0.337	14.98	100	114.3	8.56	22.32
4	4.500	0.574	27.54	100	114.3	17.12	41.03
5	5.563	0.375	20.78	125	141.3	9.53	30.97
5	5.563	0.750	38.55	125	141.3	19.05	57.43
6	6.625	0.432	28.57	150	168.3	10.97	42.56
6	6.625	0.864	53.16	150	168.3	21.95	79.22
8	8.625	0.500	43.39	200	219.1	12.70	64.64
8	8.625	0.875	72.42	200	219.1	22.23	107.92
10	10.750	0.500	54.74	250	273.0	12.70	81.55
10	10.750	1.000	104.13	250	273.0	25.40	155.15
12	12.750	0.500	65.42	300	323.8	12.70	97.46
12	12.750	1.000	125.49	300	12.50	323.8	25.40
14	14.000	0.500	72.09	350	355.6	12.70	107.39
16	16.000	0.500	82.77	400	406.4	12.70	123.30
18	18.000	0.500	93.45	450	457	12.70	139.15
20	20.000	0.500	104.13	500	508	12.70	155.12



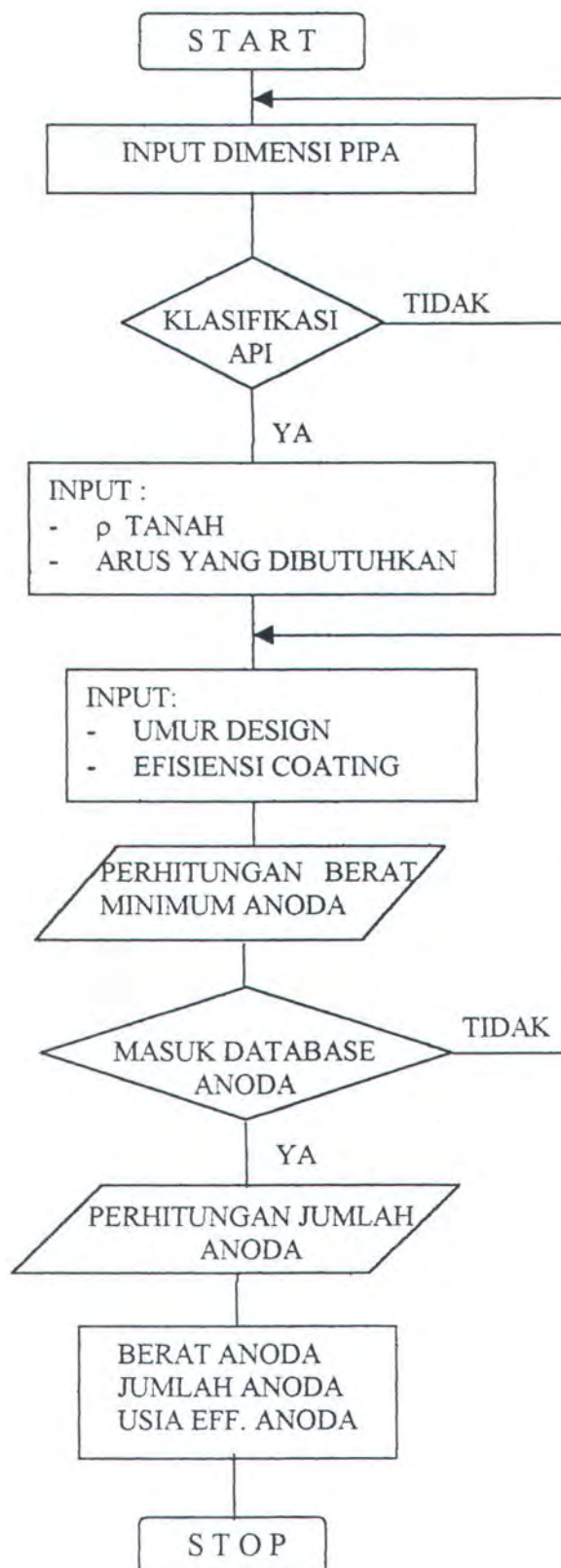
**Tabel 3.2.**  
**Karakteristik tanah dan Resistivitasnya menurut National Of Bureau Standards**

TIPE TANAH	RESISTENSI TANAH ( $\Omega$ )		
	UMUM	MIN	MAKS
Tanah kerikil dan berisi berbagai sampah seperti sisa arang, pepohonan, dan air asin	14	3.5	41
Tanah lempung, serpihan batubata, gambut pasir ringan bercampur dengan bebatuan	21	2.0	98
Tanah lempung, serpihan gambut lumpur bercampur dengan pasir dan bebatuan	93	6.0	800
Pasir, batu atau bebatuan dengan sedikit lumpur atau batu	554	35	2.700

### 3.3 PEMBUATAN PROGRAM

Dari beberapa database yang telah ada dioperasikan atau dikontrol oleh seperangkat perintah-perintah dalam main program, dimana pengoperasian ini memakai bahasa pemrograman Borland Delphi 4.0 yang mempunyai spesifikasi dalam pengolahan database.

Pembuatan main program ini bertahap, dengan satu kali tahap dicoba untuk dijalankan, jika tidak ada kesalahan maka dapat dilanjutkan dengan menghubungkan database selanjutnya. Diagram alir untuk pemrogramannya dapat dilihat pada gambar 3.2 pada halaman berikutnya.



Gambar 3.2. Flowchart Program



"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum, sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri" (QS.13 : 11)

## BAB IV



## PENGUNAAN DAN EVALUASI PROGRAM

## BAB IV

### PENGUNAAN DAN EVALUASI PROGRAM

#### 4.1. TAMPILAN DAN PENGOPERASIAN PROGRAM

Software *SA-Cp* adalah software untuk menyusun pemasangan suatu sistim perlindungan korosi pada pipa dalam tanah dengan sistim proteksi katodik metode anoda korban yang dengannya para pengguna nantinya dapat lebih mudah melakukan pendesainan yang dapat mewakili kondisi dari suatu struktur dan lingkungan yang akan diproteksi.

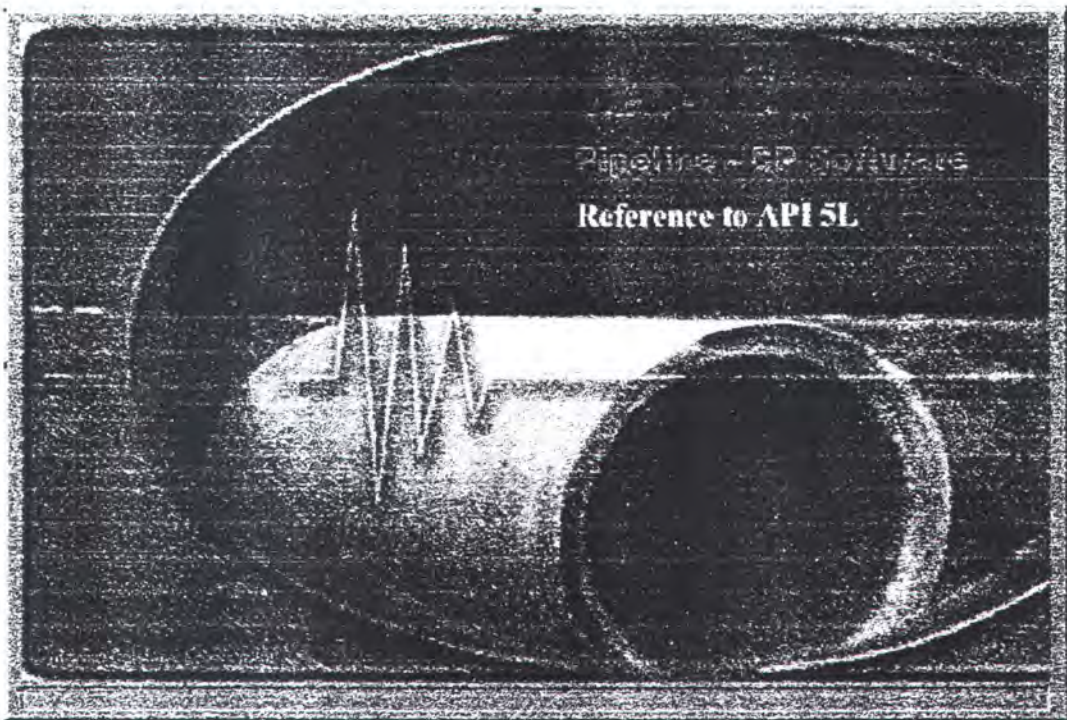
Software ini merupakan bank data dari pipa standart API 5L , dimana jenis pipa ini biasanya sering dipakai dalam instalasi perpipaian baik untuk saluran distribusi maupun transmisi.

Software *SA-Cp* dapat dijalankan pada komputer dengan spesifikasi minimum seperti dibawah ini :

- Processor Pentium 166 MHz
- Memory 16 MB
- Monitor SVGA, resolusi 1024 x 768
- Windows 95
- Additional : mouse

Untuk memulai mengoperasikan software ini, dengan shortcut didua kali click maka software ini mulai berjalan. Tampilan awal dari software *SA-Cp* adalah seperti pada gambar 4.1. Memerlukan waktu kurang dari satu menit pada saat loading.





Gambar 4.1. Tampilan awal pada saat loading

Setelah itu akan memperlihatkan tampilan menu awal seperti gambar 4.2. dibawah ini :



Gambar 4.2. Tampilan menu awal software SA-Cp



Dari tampilan menu awal tersebut, jika di-click **File, New**, maka keluarlah tampilan untuk memulai perhitungan perencanaan proteksi katodik metode anoda korban seperti tampak pada gambar 4.3. dibawah ini.

**Gambar 4.3. Tampilan input data awal software SA-Cp**

Pada tampilan ini pengguna diminta untuk mengisi input data. Pada panel Dimensi pipa, pengguna diminta untuk memasukkan data-data sesuai dengan satuan yang diinginkan apakah dengan Customary Units atau SI Units.

Data – data dimensi pipa sebagai masukan awal yang dibutuhkan adalah : Nominal Pipe Size (NPS), ketebalan pipa, plain and weight, diameter luar pipa ( dari API standart) dan Tipe tanah.

Pada panel data anoda kita masukkan data – data pemilihan tipe anoda, efisiensi coating, kebutuhan arus, umur proteksi yang diinginkan, kedalaman anoda, utilization factor, harga potensial di anoda, potensial yang diinginkan pada jarak X



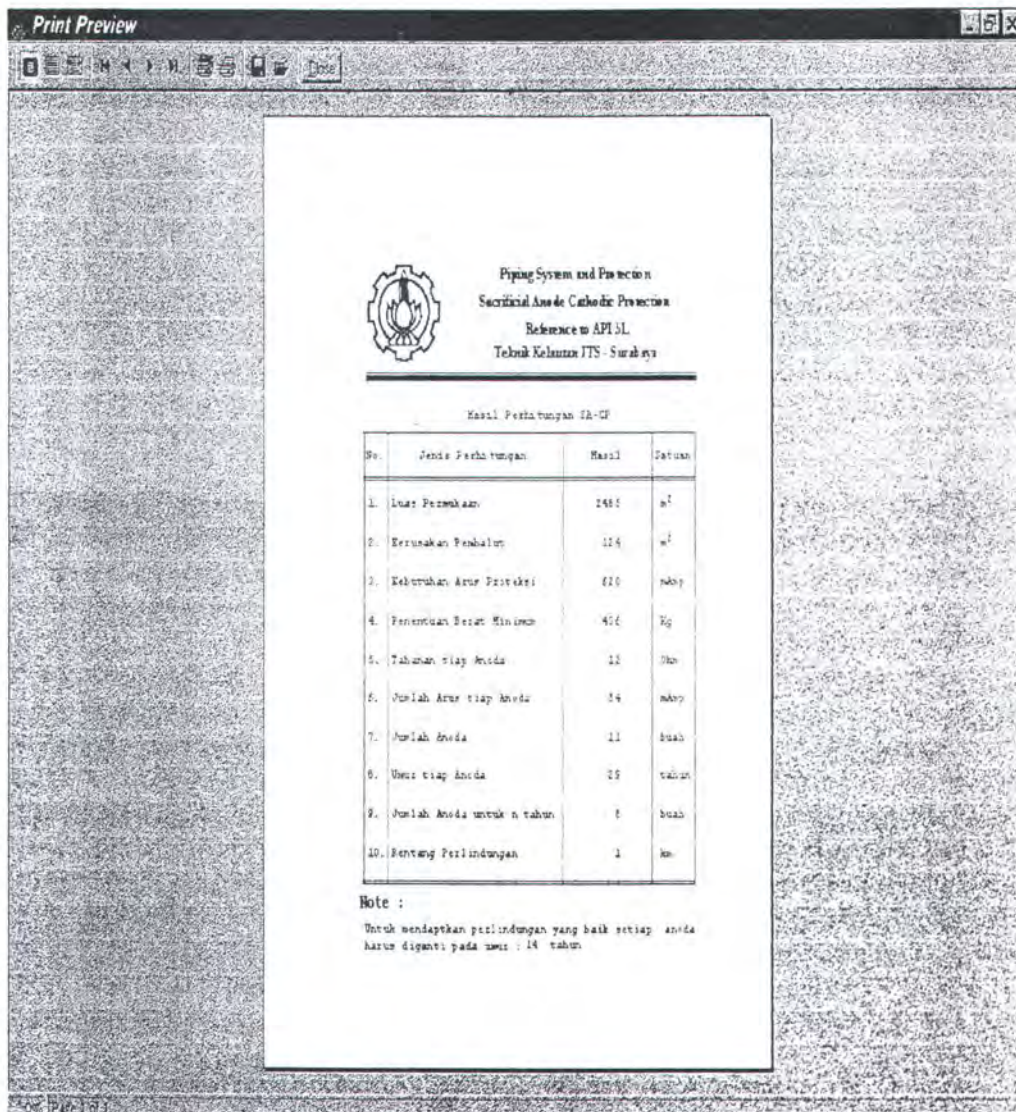
Setelah menentukan semua masukan diatas kita click button *next*. Selanjutnya akan muncul hasil perhitungan pada tampilan calculation result berupa luas permukaan pipa, keusakan pembalut, kebutuhan arus proteksi berat minimum anoda tahanan tiap anoda, jumlah arus yang keluar pada tiap anoda, jumlah anoda yang dibutuhkan unutupk perlindungan, umur tiap anoda, jumlah anoda untuk x tahun, dan rentang perlindungan (jangkauan proteksi dari tiap anoda) seperti tampak pada gambar 4.4. dibawah ini.

Calculation Result	
1. Luas Permukaan	6. Jumlah Arus Pada Anoda
A = 2485 m <sup>2</sup>	I <sub>out</sub> = 54 mAmp
2. Kerusakan Pembalut	7. Jumlah Anoda yang dibutuhkan
A <sub>1</sub> = 124 m <sup>2</sup>	n = 11 buah
3. Kebutuhan Arus Proteksi	8. Umur Tiap Anoda
I = 620 mAmp	U = 29 tahun
4. Berat minimum Anoda	9. Jumlah Anoda untuk x tahun
W <sub>a</sub> = 436 Kg	n <sub>x</sub> = 8 buah
5. Tahanan tiap Anoda	10. Rentang Perlindungan
R <sub>h</sub> = 12 mOhm	E <sub>s</sub> = 1 km
<div> <span>Help</span> <span>Close</span> <span>Print</span> </div>	

Gambar 4.4. Hasil Perhitungan

Jika pengguna ingin mendapatkan hasil print out-nya maka dapat langsung click menu *print*. Maka setelah itu akan keluar tampilan hasil print out seperti tampak pada gambar 4.5 dibawah ini.





Ganbar 4.5. Tampilan Hasil Print Out.

## 4.2. LANGKAH Pengerjaan

Untuk mendapatkan hasil dari tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan proteksi katodik dengan metode sacrificial anode maka perlu dilakukan beberapa langkah – langkah berikut.



#### 4.2.1 DATA-DATA PIPA

Data – data yang perlu diketahui untuk dijadikan input dalam perhitungan ini adalah :

- Jenis pipa baja
- Panjang pipa
- Diameter nominal
- Tebal dinding pipa.

#### 4.2.2. TAHANAN TANAH (RESISTIVITAS TANAH)

Data input untuk resistivitas tanah didapatkan dari hasil penelitian karakteristik lingkungan dimana pipa itu berada / ditanam.

#### 4.2.3. PEMILIHAN ANODA

Pemilihan anoda dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui kondisi lapangan /lingkungan tahanan tanah di lokasi pemasangan pipa

#### 4.2.4. PERHITUNGAN

a). Luas permukaan.

Perhitungan luas permukaan pipa (A) dihitung dengan rumus :

$$A = \pi \times \text{diameter luar} \times \text{panjang pipa}$$

b). Kerusakan pembalut

Perhitungan kerusakan pembalut dilakukan dengan terlebih dahulu merencanakan umur desain yang diinginkan dan prosentase kerusakan pembalut / efisiensi coating (  $E_c$  ) dari pipa yang ada. Sehingga pembalut yang rusak dapat dihitung :

$$A_1 = E_c \times \text{Luas permukaan.}$$

## c). Kebutuhan arus proteksi

Perhitungan arus proteksi dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan input arus untuk melindungi pembalut pipa yang rusak ( $I_d$ ). Sehingga kebutuhan arus proteksi ( $I$ ) dapat diketahui,

$$I = I_d \times A1$$

## d). Berat minimum anoda

Berat minimum anoda didapat dari perhitungan rumus berikut.

$$W = \frac{YSI}{E}, \text{ dimana : } Y = \text{Umur proteksi}$$

$S$  = Laju kerusakan dengan efisiensi

$E$  = Efisiensi

## e). Tahanan yang keluar dari tiap anoda.

Perhitungan tahanan yang keluar dari tiap anoda dihitung dengan rumus Dwight formula :

$$R_h = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left( \ln \frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{d \times S} + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right)$$

Dimana :

$R_h$  = Tahanan dari tiap anoda

$\rho$  = Tahanan tanah

$L$  = Panjang dari anoda

$S$  = dua kali kedalaman pemasangan anoda

$d$  = Diameter anoda



f). Jumlah arus keluar dari tiap anoda.

Perhitungan jumlah arus yang keluar dari tiap anoda dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung perbedaan potensial (driving voltage) yaitu selisih antara potensial anoda dengan minimum potensial proteksi. Dari hasil perhitungan perbedaan potensial tersebut, arus keluar dapat di hitung dengan membandingkan harga beda potensial tersebut dengan tahanan tiap anoda.

g). Jumlah anoda yang dibutuhkan.

Perhitungan jumlah anoda yang dibutuhkan didapat dengan menghitung perbandingan antara kebutuhan arus proteksi dengan jumlah arus yang keluar dari tiap anoda.

h). Umur tiap anoda

Perhitungan umur tiap anoda (U) didapatkan dari rumus berikut.

$$U = \frac{0,1667 \times Wa \times \eta \times Uf}{I1}$$

Dimana :       $Wa$       = Berat anoda

$\eta$         = Efisiensi

$Uf$       = Utilization factor

$I1$        = Arus keluar dari tiap anoda

i). Jumlah anoda untuk x tahun

Perhitungan jumlah anoda yang dibutuhkan untuk x tahun didapat dengan mengalikan jumlah anoda dengan perbandingan lamanya waktu desain yang diinginkan dengan umur tiap anoda.

### 4.3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.3.1. DATA LAPANGAN

##### 4.3.1.2. DATA – DATA PIPA

- Jenis pipa baja (steel) : API 5L GRADE B
- Panjang pipa : 4.700 m
- Diameter nominal : 6 inch = 0.1524 m
- Diameter luar : 6.625 inch = 0.1683 m
- Tebal dinding : 0.280 inch = 7.11 m

##### 4.3.1.2. TAHANAN TANAH (RESISTIVITAS TANAH)

Tahanan tanah (  $\rho$  ) rata – rata pada kedalaman 1,5 m adalah sebesar 2.171 ohm meter.

#### 4.3.2. PERHITUNGAN - PERHITUNGAN

a). Luas permukaan keseluruhan dari struktur pipa yang dilindungi.

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \times \text{diameter luar} \times \text{panjang pipa} \\
 &= 3.14 \times 0.1683 \times 4.700 \\
 &= 2483.7714 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

b). Kerusakan pembalut

$$\begin{aligned}
 A_1 &= E_c \times \text{Luas permukaan.} \\
 &= 5\% \times 2483.77 \\
 &= 124.18 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



c). *Kebutuhan arus proteksi*

Arus untuk melindungi pembalut pipa yang rusak ( $I_d$ ) = 5mA Sehingga kebutuhan arus proteksi ( $I$ ) dapat diketahui,

$$\begin{aligned} I &= I_d \times A_l \\ &= 5 \times 124.18 \\ &= 620.9 \text{ mAmp} \end{aligned}$$

d). *Berat minimum anoda*

Didapat dari perhitungan rumus berikut.(PPT, Migas)

$$W = \frac{YSI}{E}, \text{ Dimana :}$$

$$Y = \text{Umur proteksi} = 20 \text{ th}$$

$$S = \text{Laju kerusakan dengan efisiensi} = 8.8 \text{ lb/amp-year}$$

$$E = \text{Efisiensi} = 50 \%$$

$$W = \frac{20 \times 8.8 \times 0.621}{0.5}$$

$$= 218.24 \text{ lb.}$$

e). *Tahanan yang keluar dari tiap anoda.*

Perhitungan tahanan yang keluar dari tiap anoda dihitung dengan rumus Dwight formula (PPT Migas) :

$$R_h = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left( \ln \frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{d \times S} + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right)$$



Untuk : Magnesium Anoda jenis ' Grade A'

Berat Magnesium = 32 lb = 14.5 kg

L (Panjang) = 20 inch = 50.8 cm

d (diameter) = 5 inch = 12.7 cm

s (2 x kedalaman) = 150 cm

$\rho$  (tahanan) = 2.171 ohm cm

$$R_h = \frac{2.171}{2 \times 3.14 \times 50.8} \times \left( \ln \frac{4 \times 50.8^2 + 4 \times 50.8 \sqrt{300^2 + 50.8^2}}{12.7 \times 300} + \right.$$

$$\left. \frac{300}{50.8} - \frac{\sqrt{300^2 + 50.8^2}}{50.8} - 1 \right)$$

$$= 6.80 \times (2.94 + 5.9 - 5.99 - 1)$$

$$= 12.58 \text{ ohm}$$

f). Jumlah arus keluar dari tiap anoda.

$$\text{driving voltage} = 1.550 - 900$$

$$= 650 \text{ mV}$$

$$\text{Arus keluar} = \frac{650}{12.8}$$

$$= 51.66 \text{ mA}$$

g). Jumlah anoda yang dibutuhkan.

$$n = \frac{\text{kebutuhan arus proteksi}}{\text{arus keluar}}$$

$$= \frac{620.9}{51.66} = 12.01 \text{ buah}$$



*h). Umur tiap anoda*

Perhitungan umur tiap anoda (U) didapatkan dari rumus berikut.

$$U = \frac{0,1667 \times Wa \times \eta \times Uf}{I1}$$

Dimana :

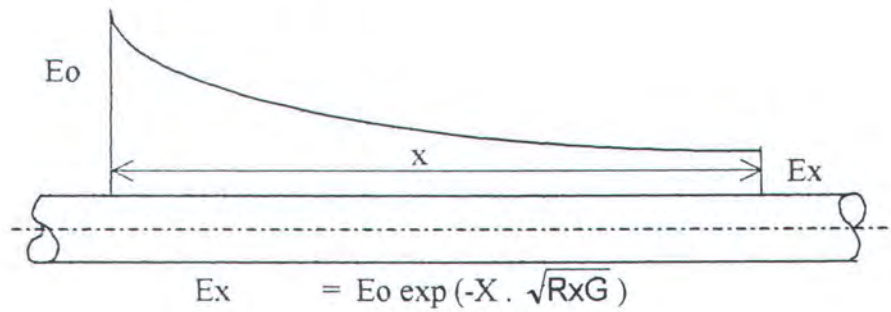
Wa	= Berat anoda	= 32 lb
$\eta$	= Efisiensi	= 50%
Uf	= Utilization factor	= 85%
I1	= Arus keluar tiap anoda	= 0.05166 Amp

$$U = \frac{0,1667 \times 32 \times 0.5 \times 85}{0.05166}$$
$$= 30.53 \text{ tahun}$$

*i). Jumlah anoda untuk 20 tahun*

$$n_{20} = \frac{20}{30.53} \times 12.01$$
$$= 7.9 \sim 8 \text{ buah.}$$

## j) Rentang perlindungan



Dimana :

 $E_o$  = Potensial pipa di anoda $E_x$  = Potensial yang di inginkan pada jarak  $x$  km $R$  = Tahanan pipa

$$= \frac{0.135}{\pi \cdot D \cdot t} \quad (\text{ohm/km})$$

 $G$  = Konduktivitas pipa lindung

$$= 1000 \times \pi \times D \times g \quad (\text{mho/km})$$

 $t$  = Tebal dinding pipa (mm) $D$  = Diameter pipa (m) $g$  = Konduktivitas lapis lindung ( $\text{mho/m}^2$ )

Untuk :

$$E_o = -1.200 \text{ mV}$$

$$E_x = -900 \text{ m}$$

$$t = 7.11 \text{ mm}$$

$$D = 0.1683 \text{ m}$$

$$g = 2000 \mu \text{ ohm/m}^2 = 0.002 \text{ mho/mm}^2$$



$$R = \frac{0.135}{3.14 \times 0.1683 \times 7.11}$$

$$= 0.0359 \text{ ohm/km}$$

$$G = 1000 \times \pi \times 0.1683 \times 0.002$$

$$= 1.05746 \text{ mho/km}$$

$$Ex = Eo \cdot \exp(-x \cdot \sqrt{(0.0359) \cdot (1.05746)})$$

$$X = \frac{\ln 0.75}{-0.1948} = 1.47 \text{ km}$$

Jangkauan proteksi dari tiap anode mencapai jarak 1.47 km sehingga pipa dengan panjang 4700 m akan terlindungi dengan baik oleh 8 anoda.

### 4.3.3 RUNNING PROGRAM

Pengujian kevalidan program yang telah dibuat dilakukan dengan memasukkan data-data kedalam form tampilan input data sebagaimana tampak se pada gambar 4.3. Data lapangan yang dimasukkan berupa panjang pipa, diameter luar, diameter nominal ketebalan dinding pipa, tahanan listrik tanah. Selain itu dimasukkan pula data-data hasil pengukuran yang lain yaitu efisiensi coating, kebutuhan arus, umur perlindungan/proteksi yang direncanakan, kedalaman anoda, utilization factor, potensial di anoda dan konduktivitas lapis lindung.

Proses pembacaan masukan data dapat dilakukan dengan menekan tombol *next*. Hasil yang didapat akan ditampilkan pada form calculation result seperti tampak pada gambar 4.4. Untuk mencetak hasil yang didapat dilakukan dengan menekan menu *print*. (hasil report nya dapat dilihat pada lampiran).

#### **4.3.4. EVALUASI PROGRAM**

Beberapa hasil perhitungan yang ditampilkan dari hasil running program didapatkan sama hasilnya dengan hasil perhitungan perancangan proteksi katodik metode sacrificial anode secara manual seperti yang terjadi di lapangan. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa software *SA – Cp* bisa menguntungkan untuk dipakai dalam proses perancangan proteksi katodik metode sacrificial anode karena akan dapat menghemat waktu perancangan dan pendesainan serta mudah untuk diikuti karena dibuat dengan tampilan yang cukup interaktif.



"Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu mengkhianati Allah dan Rosul (Muhammad SAW) dan janganlah kamu mengkhianati amanat-amanat yang dipercayakan kepadamu, sedang kamu mengetahui" (QS. 8 : 27)

## BAB V



## PENUTUP



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. KESIMPULAN

Dalam sebuah perancangan proteksi katodik dengan metode sacrificial anode memerlukan banyak perhitungan-perhitungan dan pengukuran-pengukuran yang terkait dengan berbagai macam kondisi yang ada baik lingkungan dimana pipa tersebut dipasang atau pertimbangan pemakaian jenis dan type anode serta jenis pelapisan pipa dan pemeriksaannya. Penggunaan software dalam sebuah perencanaan dan perancangan proteksi katodik sacrificial anode akan sangat membantu dalam menghemat dan memperkecil waktu perencanaan. Dari hasil pengujian software *SA – Cp* ternyata didapatkan hasil - hasil pengukuran yang akurat dan sesuai dengan perhitungan yang ada. Sehingga dengan penggunaan software SA-Cp ini kesalahan-kesalahan perhitungan yang terjadi dalam proses perencanaan dan perancangan akibat faktor manusia (*human error*) dapat lebih dieliminasi atau dihilangkan.

#### 5.2. SARAN

Pembuatan Software SA-Cp untuk perancangan proteksi katodik metode sacrificial anode ini memberikan sebuah wacana baru dalam penyelesaian persoalan perancangan proteksi katodik metode sacrificial anode. Meskipun terkadang praktek pemakaian proteksi katodik metode sacrificial anode di lapangan menyimpang dari teori yang ada, namun tampaknya pembuatan software seperti ini masih perlu dikembangkan lagi untuk kondisi lingkungan



yang lebih beragam dan berbagai ukuran dan jenis pipa serta mungkin dengan tampilan yang lebih menarik lagi guna mendapatkan hasil lebih tepat dan akurat.

"Tidak akan tergelincir kedua kaki seorang hamba pada hari kiamat, hingga ditanyakan kepadanya empat perkara : Usianya untuk apa dia habiskan, masa mudanya bagaimana dia pergunakan, hartanya dari mana dia dapatkan dan pada siapa ia keluarkan (belanjakan), serta ilmunya dan apa yang dia perbuat dengannya" (HR. Bazar dan Tirmidzi)



## DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR PUSTAKA

- Adji,Surya.1991. **Perencanaan Proteksi Kathodik Untuk Offshore Steel Jacket.***Tugas Akhir Teknik Perkapalan*, ITS Surabaya.
- Fontana, MG.1983. **Corrosion Engineering.** McGraw-Hill Book Company.
- Martina,I.1999. **36 Jam Belajar Komputer Delphi 4.0.** PT Elex Media Komputindo,Jakarta.
- Morgan, Jhon.1987. **Cathodic Protection.** *National Association of Corrosion Engineering*,Houston.
- Nizhamu, Latif. 1990. **Penyelidikan Kerusakan Korosi Pada Komponen dan Konstruksi Logam.** *Disampaikan pada Seminar Permasalahan Mekanika Bahan* di UGM Yogyakarta
- Purwanto,SW. **Piping System and Protection.** PPT Migas, Cepu.
- Sheir, L.L,dkk.1993. **Corrosion Control Volume 2 third edition.** Butterworth,Heinemann.Ltd.
- Supriyanto, Eko. 2000. **Studi Perencanaan Penangkal Petir dan Pertanahan di PT Semen Baturaja Optimalisasi Tahap II.** *Tugas Akhir Teknik Elektro*, ITS Surabaya.
- Threthwey,KR & Chamberlian,J. 1991. **Korosi untuk Mahasiswa, Sains dan Rekayasa.** Gramedia Jakarta.

"Ada orang yang mengerjakan amalan isi surga menurut pandangan manusia, sedang ia termasuk isi neraka. Ada orang yang mengerjakan amalan isi neraka menurut pandangan manusia, sedang ia termasuk isi surga" (HR. Bukhari)



**LAMPIRAN - LAMPIRAN**



## LAMPIRAN I



**Piping System and Protection**  
**Sacrificial Anode Cathodic Protection**  
**Reference to API 5L**  
**Teknik Kelautan ITS - Surabaya**

---

**Hasil Perhitungan SA-CP**

No.	Jenis Perhitungan	Hasil	Satuan
1.	Luas Permukaan	2485	m <sup>2</sup>
2.	Kerusakan Pembalut	124	m <sup>2</sup>
3.	Kebutuhan Arus Proteksi	620	mAmp
4.	Penentuan Berat Minimum	436	Kg
5.	Tahanan tiap Anoda	12	Ohm
6.	Jumlah Arus tiap Anoda	54	mAmp
7.	Jumlah Anoda	11	buah
8.	Umur tiap Anoda	29	tahun
9.	Jumlah Anoda untuk n tahun	8	buah
10.	Rentang Perlindungan	1	km

**Note :**

Untuk mendapatkan perlindungan yang baik setiap anoda harus diganti pada umur : 14 tahun



## LAMPIRAN II

\*\*\*\*\*PROGRAM UTAMA\*\*\*\*\*

program PIPEcoat;

uses

Forms,

COAT in 'COAT.pas' {frUTAMA},

About in 'ABOUT.PAS' {AboutBox},

ModuleCOAT in 'ModuleCOAT.pas' {ModuleTA: TDataModule},

INPUT in 'INPUT.pas' {frINPUT},

input1 in 'input1.pas' {frINPUT2},

anoda1 in 'anoda1.pas' {frAnoda1},

SPREPORT in 'SPREPORT.pas' {Laporan: TQuickRep},

splash in 'splash.pas' {frSPLASH};

{ \$R \*.RES }

begin

Application.Initialize;

Application.CreateForm(TfrUTAMA, frUTAMA);

Application.CreateForm(TAboutBox, AboutBox);

Application.CreateForm(TModuleTA, ModuleTA);

Application.CreateForm(TfrINPUT, frINPUT);

Application.CreateForm(TfrINPUT2, frINPUT2);

Application.CreateForm(TfrAnoda1, frAnoda1);

Application.CreateForm(TLaporan, Laporan);

Application.CreateForm(TfrSPLASH, frSPLASH);

Application.Run;

end.

\*\*\*\*\*WINDOW UTAMA\*\*\*\*\*

unit COAT;

interface

uses Windows, Classes, Graphics, Forms, Controls, Menus,



Dialogs, StdCtrls, Buttons, ExtCtrls, ComCtrls, ImgList, StdActns,  
ActnList, ToolWin;

type

```
TfrUTAMA = class(TForm)
  OpenFileDialog: TOpenDialog;
  SaveDialog: TSaveDialog;
  ActionList1: TActionList;
  FileNew1: TAction;
  FileOpen1: TAction;
  FileSave1: TAction;
  FileSaveAs1: TAction;
  FileExit1: TAction;
  EditCut1: TEditCut;
  EditCopy1: TEditCopy;
  EditPaste1: TEditPaste;
  HelpAbout1: TAction;
  StatusBar: TStatusBar;
  ImageList1: TImageList;
  MainMenu1: TMainMenu;
  File1: TMenuItem;
  FileNewItem: TMenuItem;
  FileOpenItem: TMenuItem;
  FileSaveItem: TMenuItem;
  FileSaveAsItem: TMenuItem;
  N1: TMenuItem;
  FileExitItem: TMenuItem;
  Help1: TMenuItem;
  HelpAboutItem: TMenuItem;
  Bevel1: TBevel;
  ToolBar1: TToolBar;
  ToolButton9: TToolButton;
```

```

ToolButton1: TToolButton;
tbtSAVE: TToolButton;
ToolButton3: TToolButton;
Index1: TMenuItem;
Content1: TMenuItem;
PedomanPengunaan1: TMenuItem;
Database1: TMenuItem;
Anoda1: TMenuItem;
Pipa1: TMenuItem;
ResistivitasTanah1: TMenuItem;
procedure FileNew1Execute(Sender: TObject);
procedure FileOpen1Execute(Sender: TObject);
procedure FileSave1Execute(Sender: TObject);
procedure FileExit1Execute(Sender: TObject);
procedure HelpAbout1Execute(Sender: TObject);
procedure Anoda1Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
    fname,Instring:String;
    Outfile,InFile:TextFile;
public
    { Public declarations }
end;
var
    frUTAMA: TfrUTAMA;
implementation
uses About,INPUT,AnEditor;
{$R *.DFM}
procedure TfrUTAMA.FileNew1Execute(Sender: TObject);
begin
    tbtSAVE.Enabled:=true;
    frINPUT:=TfrINPUT.Create(Self);

```





```

frINPUT.Left:=frUtama.Left+Bevel1.Left+6;
frINPUT.Top:=frUtama.Top+Bevel1.Top+2*(ToolBar1.Height);
frINPUT.Height:=bevel1.Height-4;
frINPUT.Width:=bevel1.Width-4;
frINPUT.Show;
end;

```

```

procedure TfrUTAMA.FileOpen1Execute(Sender: TObject);
begin
  if OpenFileDialog.Execute then
  begin
    fname:=OpenDialog.FileName ;
    AssignFile(Infile,fname);
    Reset(InFile);
    With frinput do
    begin
      // Readln(InFile,Instring);

    end;
  end;
  CloseFile(InFile);
  frUtama.Caption :=FrUtama.Caption+'['+fname+']';
end;

```

```

procedure TfrUTAMA.FileSave1Execute(Sender: TObject);
begin
  if SaveDialog.Execute then
  begin
    fname:=SaveDialog.FileName;
    AssignFile(InFile,fname);
    Rewrite(Outfile);
    With frInput do

```

```

        begin
        end;
    end;
    Closefile(Outfile);
    frUtama.Caption :=FrUtama.Caption+'['+fname+']';
end;

```

```

procedure TfrUTAMA.FileExit1Execute(Sender: TObject);
begin
    Close;
end;

```

```

procedure TfrUTAMA.HelpAbout1Execute(Sender: TObject);
begin
    AboutBox.ShowModal;
end;

```

```

procedure TfrUTAMA.Anoda1Click(Sender: TObject);
begin
    frEDITANODA:=TfrEDITANODA.Create(Self);
    frEDITANODA.ShowModal;
    frEDITANODA.Free;
end;
end.

```

\*\*\*\*\*WINDOW INPUT\*\*\*\*\*

```

unit INPUT;
interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
    DBCtrls, StdCtrls, Mask, Buttons, ExtCtrls, jpeg, Grids;

```



type

```
TfrINPUT = class(TForm)
  GroupBox1: TGroupBox;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  DBLookupComboBox1: TDBLookupComboBox;
  DBEdit1: TDBEdit;
  DBEdit2: TDBEdit;
  DBLookupComboBox2: TDBLookupComboBox;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  Label15: TLabel;
  GroupBox3: TGroupBox;
  Label6: TLabel;
  Label12: TLabel;
  DBLookupComboBox3: TDBLookupComboBox;
  DBMemo1: TDBMemo;
  Label20: TLabel;
  BitBtn1: TBitBtn;
  BitBtn2: TBitBtn;
  BitBtn3: TBitBtn;
  Edit1: TEdit;
  Label17: TLabel;
  Label18: TLabel;
  GroupBox4: TGroupBox;
  Label9: TLabel;
  Edit2: TEdit;
  Label10: TLabel;
  Label14: TLabel;
  Label19: TLabel;
```

Label23: TLabel;  
Label35: TLabel;  
Label11: TLabel;  
Edit4: TEdit;  
Label13: TLabel;  
Label36: TLabel;  
Label37: TLabel;  
Label5: TLabel;  
Edit3: TEdit;  
SpeedButton1: TSpeedButton;  
Edit5: TEdit;  
Edit6: TEdit;  
Label38: TLabel;  
Label40: TLabel;  
Edit7: TEdit;  
Edit9: TEdit;  
Label41: TLabel;  
Label42: TLabel;  
Label44: TLabel;  
Label45: TLabel;  
Label16: TLabel;  
Label21: TLabel;  
Label22: TLabel;  
Edit10: TEdit;  
Label24: TLabel;  
Label25: TLabel;  
Label26: TLabel;  
Label27: TLabel;  
Label28: TLabel;  
Edit8: TEdit;  
Label29: TLabel;  
procedure DBLookupComboBox1Click(Sender: TObject);



```

procedure DBLookupComboBox2Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure DBLookupComboBox3Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }

luas1,luas2,Arus,Bmin,DVOLT,ARUSKELUAR,tahanan,Rho,dalamakar,bagian1
:Double;

nANODA,numur,nANODAUMUR,phi,od,lpipa,EfCoat,arusbutuh,anpanjang,andi
m,andalam:Double;
  AnRusak,AnBerat,Anpotensial,AnEff,AnUF,ndesign:Double;
  er,ge,nkonduktif,ex,tebalpipa,bagian2,AnEo,AnEx:Double;
public
  { Public declarations }
end;
var
  frINPUT: TfrINPUT;
implementation
{$R *.DFM}
Uses ModuleCOAT,Input1,Coat,Anoda1;

procedure TfrINPUT.DBLookupComboBox1Click(Sender: TObject);
begin
  With ModuleTA do
  begin
    qrDIM.Close;
    qrDIM.Filtered:=True;
    qrDim.Filter:='OUTDIAMETER1='+'''+DBLookupComboBox1.Text +''';
    qrDIM.Open;

```

```

end;
DBEDIT2.DataField:='NPS';
end;

procedure TfrINPUT.DBLookupComboBox2Click(Sender: TObject);
begin
DBEDIT1.DataField:='PLAINWEIGHT1';
end;

procedure TfrINPUT.BitBtn3Click(Sender: TObject);
begin
if (edit1.Text<>"")and(Edit2.Text<>"")and(DBLookupComboBox3.Text<>"")
and(edit4.Text<>"")and(Edit3.Text<>"") then
begin
//Inisialisasi data
phi:=22/7;
OD:=StrToFloat(DBLookupComboBox1.text);
tebalpipa:=StrToFloat(DBLookupComboBox2.text)*25.4;
Lpipa:=StrToFloat(Edit1.Text);
EfCoat:=StrToFloat(Edit5.Text);
Arusbutuh:=StrToFloat(Edit2.Text);
Rho:=StrToFloat(DBLookupComboBox3.text);
Anpanjang:=StrToFloat(Label23.Caption)*2.54;
Andim:=StrToFloat(Label35.Caption);
Andalam:=2*StrToFloat(Edit4.Text);
AnRusak:=StrToFloat(Label22.Caption)/100;
AnBerat:=StrToFloat(Label19.Caption);
AnPotensial:=strToFloat(Label21.Caption);
AnEff:=StrToFloat(Label16.Caption)/100;
AnUF:=StrToFloat(Edit10.Text)/100;
ndesign:=StrToFloat(Edit6.Text);
nkonduktif:=StrToFloat(Edit9.text)/(1000000);

```



```

anEo:=StrToFloat(Edit7.text);
anEx:=StrToFloat(Edit8.text);
//Mulai Perhitungan
frINPUT2:=TfrINPUT2.Create(Self);
// Perhitungan Luas
Luas1:= phi*Lpipa*OD*0.0254;
// Perhitungan kerusakan pembalut
Luas2:=luas1*EfCoat/100;
// Perhitungan Arus Proteksi
Arus:= Arusbutuh*luas2;
// Perhitungan Berat Minimum
Bmin:= ndesign*Anrusak*arus/1000;
// Perhitungan tahanan tiap Anoda
dalamakar:=sqrt(Andalam*Andalam+AnPanjang*AnPanjang);
Bagian1:=4*AnPanjang*(1*dalamakar+AnPanjang)/(2.54*Andim*Andalam);

Tahanan:=(rho*1000/(phi*2*Anpanjang))*((ln(bagian1))+(Andalam/Anpanjang)-
(dalamakar/Anpanjang)-1);
// Perhitungan arus tiap anoda
DVOLT:=AnPotensial-900;
// Perhitungan arus Keluar
ARUSKELUAR:=DVOLT/abs(TAHANAN);
// Perhitungan Jumlah Anoda
nANODA:=arus/aruskeluar;
// Perhitungan umur tiap anoda
numur:=0.116*AnBerat*AnEff*AnUf/(aruskeluar/1000);
// Perhitungan Jumlah Anoda
nANODAUMUR:=(ndesign*nanoda/numur);
// Perhitungan Rentang pelindungan
er:=0.135/(phi*Andim*tebalpipa);
Ge:=1000*Phi*Andim*nkonduktif;
ex:=ln(abs(AnEx/AnEo))/sqrt(er*ge);

```

```

with frINPUT2 do
begin
    Label3.Caption :=Format('%8.4f',[luas1]);
    Label7.Caption :=Format('%8.4f',[luas2]);
    Label15.Caption :=Format('%8.4f',[Arus]);
    Label11.Caption :=Format('%8.4f',[Bmin]);
    Label23.Caption :=Format('%8.4f',[abs(Tahanan)]);
    Label19.Caption :=Format('%8.4f',[ArusKELUAR]);
    Label35.Caption :=Format('%8.4f',[nanoda]);
    Label27.Caption :=Format('%8.4f',[numur]);
    Label31.Caption :=Format('%8.4f',[nANODAUMUR]);
    Label40.Caption :=Format('%8.4f',[abs(eX)]);
end;
frINPUT2.ShowModal;
frINPUT2.Free;
end
else MessageDlg('Data Belum Lengkap',mtWarning,[MBOK],0);
end;

procedure TfrINPUT.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
    Edit1.Text:='0';
end;

procedure TfrINPUT.DBLookupComboBox3Click(Sender: TObject);
begin
    Rho:=DBLookupComboBox3.key Value;
    dBmemol1.DataField:='TIPE';
end;

procedure TfrINPUT.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

frAnoda1:=Tfranoda1.Create(Self);
frAnoda1.ShowModal;
frAnoda1.Free;
end;
end.

```

\*\*\*\*\*WINDOW OUTPUT\*\*\*\*\*

```

unit input1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Buttons;
type
  TfrINPUT2 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;

```





```
Label18: TLabel;  
Label19: TLabel;  
Label20: TLabel;  
Label21: TLabel;  
Label22: TLabel;  
Label23: TLabel;  
Label24: TLabel;  
Label33: TLabel;  
Label34: TLabel;  
Label35: TLabel;  
Label36: TLabel;  
Label37: TLabel;  
Label25: TLabel;  
Label26: TLabel;  
Label27: TLabel;  
Label28: TLabel;  
Label29: TLabel;  
Label30: TLabel;  
Label31: TLabel;  
Label32: TLabel;  
Label38: TLabel;  
Label39: TLabel;  
Label40: TLabel;  
Label41: TLabel;  
Label42: TLabel;  
BitBtn1: TBitBtn;  
BitBtn2: TBitBtn;  
BitBtn3: TBitBtn;  
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);  
private  
    { Private declarations }  
arusproteksi,Tahanan,vpotensial,sanoda,uanoda,nduapuluh:Double;
```

```

public
  { Public declarations }
end;
var
  frINPUT2: TfrINPUT2;
implementation
{$R *.DFM}
Uses SPREPORT;
procedure TfrINPUT2.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
  // Menghitung Arus Proteksi
  LAPORAN:=tLaporan.Create (sELF);
  with Laporan do
    begin
      QRLABEL7.Caption :=label3.Caption ;
      QRLABEL11.Caption :=label7.Caption ;
      QRLABEL15.Caption :=label15.Caption ;
      QRLABEL19.Caption :=label11.Caption ;
      QRLABEL23.Caption :=label23.Caption ;
      QRLABEL29.Caption :=label19.Caption ;
      QRLABEL34.Caption :=label35.Caption ;
      QRLABEL39.Caption :=label27.Caption ;
      QRLABEL43.Caption :=label31.Caption ;
      QRLABEL47.Caption :=label40.Caption ;
    end;
  Laporan.Preview;
end;
end.

```

```

*****DATA MODULE*****

```

```

unit ModuleCOAT;

```

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
Db, DBTables;

type

```
TModuleTA = class(TDataModule)
  dsDIM: TDataSource;
  taDIM: TTable;
  taRESTAN: TTable;
  dsRESTAN: TDataSource;
  qrDIM: TQuery;
  dsQRDIM: TDataSource;
  taDIAMETER: TTable;
  dsDIAMETER: TDataSource;
  taDIMOUTDIAMETER1: TFloatField;
  taDIMOUTDIAMETER2: TFloatField;
  taDIMWALLTHICK1: TFloatField;
  taDIMWALLTHICK2: TFloatField;
  taDIMPLAINWEIGHT1: TFloatField;
  taDIMPLAINWEIGHT2: TFloatField;
  qrDIMNPS: TFloatField;
  qrDIMDNP: TStringField;
  qrDIMOUTDIAMETER1: TFloatField;
  qrDIMOUTDIAMETER2: TFloatField;
  qrDIMWALLTHICK1: TFloatField;
  qrDIMWALLTHICK2: TFloatField;
  qrDIMPLAINWEIGHT1: TFloatField;
  qrDIMPLAINWEIGHT2: TFloatField;
  dsANODA: TDataSource;
  taANODA: TTable;
```



```

taANODAJENIS: TStringField;
taANODAGRADE: TStringField;
taANODABERATA: TFloatField;
taANODABERATB: TFloatField;
taANODABERATT: TFloatField;
taANODAPANJANG: TFloatField;
taANODADIAMETER: TFloatField;
taANODAEFISIENSI: TFloatField;
taANODAPOTENSIAL: TFloatField;
taANODARUSAK: TFloatField;
taANODAKONDUKTIVITAS: TFloatField;
procedure DataModule1Create(Sender: TObject);
procedure DataModule1Destroy(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

var
    ModuleTA: TModuleTA;

implementation

{$R *.DFM}
Uses Splash;

procedure TModuleTA.DataModule1Create(Sender: TObject);
begin
    frSPLASH:=TfrSPLASH.Create(Self);
    frSPLASH.Show;
    frSPLASH.Update;

```

```

taDIM.Open;
frSPLASH.ProgressBar1.Position :=3;
frSPLASH.Update;
frSPLASH.lbx.caption:='Initialize Database Environtment';
frSPLASH.Update;
taRESTAN.Open;
frSPLASH.ProgressBar1.Position:=6;
frSPLASH.Update;
frSPLASH.lbx.caption:='Opening All Related Database';
frSPLASH.Update;
taDIAMETER.Open;
frSPLASH.ProgressBar1.Position:=9;
frSPLASH.Update;
frSPLASH.lbx.caption:='Preparing Queries';
frSPLASH.Update;
qrDIM.Open;
frSPLASH.ProgressBar1.Position:=12;
frSPLASH.Update;
frSPLASH.lbx.caption:='Loading Image Data';
frSPLASH.Update;
taANODA.Open;
frSPLASH.ProgressBar1.Position:=15;
frSPLASH.Update;
frSPLASH.lbx.caption:='Succed !!';
frSPLASH.Update;
frSPLASH.Hide;
frSPLASH.Free;
end;

procedure TModuleTA.DataModule1Destroy(Sender: TObject);
begin
taDIM.Close;

```

```
taRESTAN.Close;
taDIAMETER.Close;
qrDIM.Close;
taANODA.Close;
end;
end.
```

```
*****WINDOW SPLASH*****
```

```
unit splash;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
ComCtrls, ExtCtrls, StdCtrls;
```

```
type
```

```
TfrSPLASH = class(TForm)
    Bevel1: TBevel;
    Image1: TImage;
    ProgressBar1: TProgressBar;
    lbx: TLabel;
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
frSPLASH: TfrSPLASH;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
end.
```





\*\*\*\*\*WINDOW PEMILIH ANODA\*\*\*\*\*

unit anoda1;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
StdCtrls, Buttons, Grids, DBGrids;

type

TfrAnoda1 = class(TForm)

  GroupBox1: TGroupBox;

  DBGrid1: TDBGrid;

  BitBtn1: TBitBtn;

  BitBtn2: TBitBtn;

  BitBtn3: TBitBtn;

  procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);

  procedure FormCreate(Sender: TObject);

  procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);

private

  { Private declarations }

public

  { Public declarations }

end;

var

  frAnoda1: TfrAnoda1;

  a:String;

implementation

  {\$R \*.DFM}

  Uses ModuleCoat,INPUT;

  procedure TfrAnoda1.BitBtn1Click(Sender: TObject);

  begin

  with frInput do

```

begin
    Edit3.text:=ModuleTA.taANODAJENIS.Value;
    label14.Caption:=ModuleTa.taAnodaGrade.Value;
    Label19.Caption:=ModuleTa.taANODABERATA.Text;
    Label23.Caption:=ModuleTA.taANODAPANJANG.Text;
    Label35.Caption:=ModuleTA.taANODADIAMETER.Text;
    Label16.Caption:=Moduleta.taANODAEFISIENSI.Text ;
    Label21.Caption:=ModuleTA.taANODAPOTENSIAL.Text ;
    //Edit7.Text:=ModuleTA.taANODAPOTENSIAL.Text ;
    Label22.Caption:=ModuleTa.taANODARUSAK.Text;
    edit9.Text :=ModuleTa.taANODAKONDUKTIVITAS.Text;
end;
Moduleta.taANODA.Close;
end;

```

```

procedure TfrAnoda1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    ModuleTA.taANODA.Open;
end;

```

```

procedure TfrAnoda1.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
    frAnoda1.Close;
end;
end.

```

\*\*\*\*\*WINDOW ABOUT\*\*\*\*\*

```

unit About;
interface
uses Windows, Classes, Graphics, Forms, Controls, StdCtrls,
    Buttons, ExtCtrls, jpeg;
type

```

```
TAboutBox = class(TForm)
```

```
  Panel1: TPanel;
```

```
  OKButton: TButton;
```

```
  ProgramIcon: TImage;
```

```
  ProductName: TLabel;
```

```
  Version: TLabel;
```

```
  Copyright: TLabel;
```

```
  Comments: TLabel;
```

```
private
```

```
  { Private declarations }
```

```
public
```

```
  { Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
  AboutBox: TAboutBox;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
end.
```

```
*****WINDOW REPORT*****
```

```
unit SPREPORT;
```

```
interface
```

```
uses Windows, SysUtils, Messages, Classes, Graphics, Controls,
```

```
  StdCtrls, ExtCtrls, Forms, Quickrpt, QRCtrls;
```

```
type
```

```
  TLaporan = class(TQuickRep)
```

```
    TitleBand1: TQRBand;
```

```
    QRImage1: TQRImage;
```

```
    QRShape6: TQRShape;
```



QRShape25: TQRShape;  
QRLabel3: TQRLabel;  
QRLabel2: TQRLabel;  
QRLabel1: TQRLabel;  
QRLabel4: TQRLabel;  
QRLabel5: TQRLabel;  
QRLabel6: TQRLabel;  
QRLabel7: TQRLabel;  
QRLabel8: TQRLabel;  
QRShape1: TQRShape;  
QRShape2: TQRShape;  
QRLabel9: TQRLabel;  
QRLabel10: TQRLabel;  
QRLabel11: TQRLabel;  
QRLabel12: TQRLabel;  
QRLabel13: TQRLabel;  
QRLabel14: TQRLabel;  
QRLabel15: TQRLabel;  
QRLabel16: TQRLabel;  
QRLabel17: TQRLabel;  
QRLabel18: TQRLabel;  
QRLabel19: TQRLabel;  
QRLabel20: TQRLabel;  
QRLabel21: TQRLabel;  
QRLabel22: TQRLabel;  
QRLabel23: TQRLabel;  
QRLabel24: TQRLabel;  
QRLabel25: TQRLabel;  
QRLabel26: TQRLabel;  
QRLabel27: TQRLabel;  
QRLabel28: TQRLabel;  
QRLabel29: TQRLabel;

```

    QRLabel30: TQRLabel;
    QRLabel32: TQRLabel;
    QRLabel33: TQRLabel;
    QRLabel34: TQRLabel;
    QRLabel35: TQRLabel;
    QRLabel37: TQRLabel;
    QRLabel38: TQRLabel;
    QRLabel39: TQRLabel;
    QRLabel40: TQRLabel;
    QRLabel41: TQRLabel;
    QRLabel42: TQRLabel;
    QRLabel43: TQRLabel;
    QRLabel44: TQRLabel;
    QRLabel45: TQRLabel;
    QRLabel46: TQRLabel;
    QRLabel47: TQRLabel;
    QRLabel48: TQRLabel;
private
public
end;
var
    Laporan: TLaporan;
implementation
{$R *.DFM}
end.

```

\*\*\*\*\*WINDOW ANODA EDITOR\*\*\*\*\*

```

unit ANEDITOR;
interface
uses
    SysUtils, Windows, Messages, Classes, Graphics, Controls,
    StdCtrls, Forms, DBCtrls, DB, Mask, ExtCtrls;

```

type

```
TfrEDITANODA = class(TForm)
    ScrollBox: TScrollBox;
    Label1: TLabel;
    EditJENIS: TDBEdit;
    Label2: TLabel;
    EditBERATA: TDBEdit;
    Label3: TLabel;
    EditPANJANG: TDBEdit;
    Label4: TLabel;
    EditDIAMETER: TDBEdit;
    Label5: TLabel;
    EditPOTENSIAL: TDBEdit;
    Label6: TLabel;
    EditRUSAK: TDBEdit;
    Label7: TLabel;
    EditKONDUKTIVITAS: TDBEdit;
    Panel2: TPanel;
    Panel1: TPanel;
    DBNavigator1: TDBNavigator;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
```

private

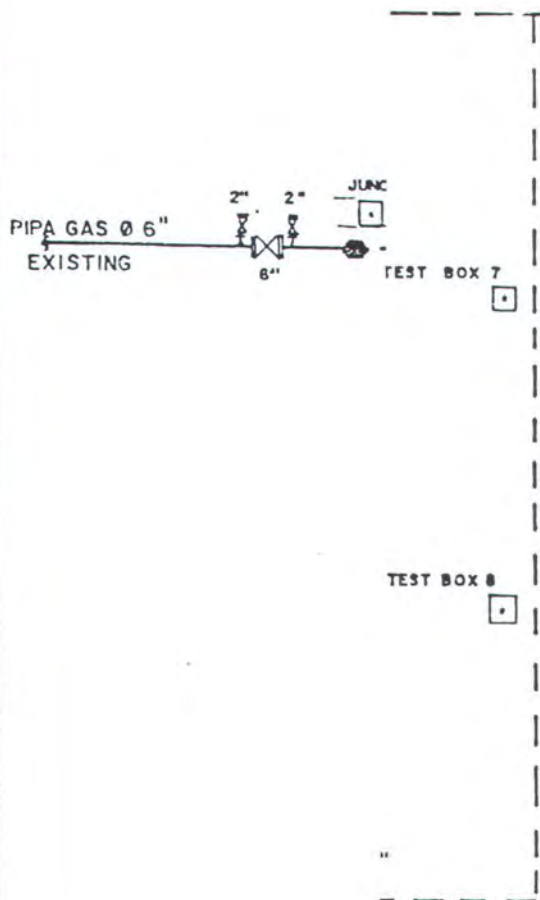
```
{ private declarations }
```

public



```
    { public declarations }  
end;  
var  
    frEDITANODA: TfrEDITANODA;  
implementation  
{$R *.DFM}  
Uses ModuleCOAT;  
end.
```

## **LAMPIRAN III**



		KETERANGAN	
		—————	PIPA GAS Ø 6" EXISTING
Ø 6" - 4.700 M)		-----	RENCANA PEMASANGAN PIPA GAS Ø 6" API 5 L Gr.B
	PROYEK : DIP 1999 / 2000	TTD	TGL
	DIGAMBAR : HERI FRASTIONO	81	18-5-99
	DIPERIKSA : BAGIAN PERENCANAAN		
	DISETUJUI : DINAS TEKNIK	UAB	
RIBUSI GAS	NO. GAMBAR SKEM/ DIP 1999/2 000	REKAYASA	SKALA . N . T . S .
	SIMO-BIN/PK.VI/19-03	SPEKIFIKASI	REVISI



